

Universidade Federal de Minas Gerais

Programa de Pós-Graduação em Neurociências

Marcos Vinícius de Paula Rosa

Velocidade de Processamento, Eficiência Neural e Eletroencefalograma em Crianças de Alto
Desempenho Cognitivo

Belo Horizonte, Minas Gerais

Outubro – 2018

Marcos Vinícius de Paula Rosa

Velocidade de Processamento, Eficiência Neural e Eletroencefalograma em Crianças de Alto
Desempenho Cognitivo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Mestre em Neurociências.

Linha de Pesquisa: Neurociências básicas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carmen Flores-Mendoza Prado (Departamento de Psicologia – UFMG).

Coorientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia (Departamento de Engenharia Eletrônica – UFMG).

Belo Horizonte

Programa de Pós-Graduação em Neurociências

Universidade Federal de Minas Gerais

2018

043 Rosa, Marcos Vinícius de Paula.
Velocidade de processamento, eficiência neural e eletroencefalograma em crianças de alto desempenho cognitivo [manuscrito] / Marcos Vinícius de Paula Rosa. – 2018.

93 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Carmen Flores-Mendoza Prado. Coorientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas.

1. Neurociências. 2. Inteligência. 3. Individualidade. 4. Eletroencefalograma. 5. Testes de Inteligência. I. Flores-Mendoza, Carmen. II. Yehia, Hani Camille. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

Velocidade de Processamento, Eficiência Neural e Eletroencefalograma em Crianças de Alto Desempenho Cognitivo


MARCOS VINÍCIUS DE PAULA ROSA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em NEUROCIÊNCIAS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em NEUROCIÊNCIAS, área de concentração NEUROCIÊNCIAS BÁSICAS.

Aprovada em 30 de outubro de 2018, pela banca constituída pelos membros:

Prof(a). Carmen Elvira Flores Mendoza Prado - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Amadeu Roselli Cruz
UFMG


Prof(a). Eni Ribeiro da Silva
PUC MINAS


Prof(a). Hani Camille Yehia
UFMG

Belo Horizonte, 30 de outubro de 2018.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à professora Carmen Flores, orientadora, que me deu a oportunidade necessária para que eu, oriundo de área distinta da Psicologia e das Ciências Biológicas, pudesse realizar o Mestrado explorando temas totalmente novos. Agradeço pela paciência, pelo aprendizado, pelo apoio e pela confiança.

Ao professor Hani Yehia, coorientador, pelo apoio com seu conhecimento e pelas portas abertas em seu laboratório, pontos fundamentais para que eu pudesse desenvolver este estudo.

Aos professores Amadeu Cruz e Eni Silva, participantes da banca de defesa desta dissertação, pelas valiosas contribuições.

Ao professor Fabrício Moreira, então coordenador do programa, pelo esforço que garantiu a realização do projeto.

À Luciana Braga, pela colaboração fundamental com os testes psicométricos durante o desenvolvimento do estudo e, também, pelo incentivo, pela compreensão, pela paciência e pelos bons momentos que compartilhamos ao longo do tempo. Este estudo não seria concluído sem sua ajuda.

À Adrielle Santana, pela ajuda com o EEG e pela dica preciosa para tratamento de dados do mesmo. Ajudou a direcionar os rumos do estudo.

Aos colegas do LADI (Marcela Braga, Júlia Borges, Juliana Apolinário, Daniel Andrade, Gabriela Anunciação, Bruna Santiago) que ajudaram, cada um ao seu modo, durante minha caminhada.

À Ana Esquárzio, pelo incentivo e pela importante colaboração.

Às funcionárias da secretaria da pós-graduação (Nilda, Neli e Carmem), pela disposição em ajudar sempre.

Aos meus irmãos Mércio, Mauro, Márcia e Magda, pelo exemplo de suas vidas acadêmicas, por toda colaboração recebida, pelo incentivo e pelo interesse pelo estudo. O apoio que recebi de vocês foi fundamental para que eu pudesse superar todas as dificuldades.

Às tias Edina e Alda, por todo apoio e incentivo que vem desde sempre.

Aos meus saudosos pais, Mércio e Lia, que sempre apoiaram o desenvolvimento pessoal e a busca pelo conhecimento. E pelos exemplos que deixaram como profissionais que foram, sempre tentando fazer o melhor possível. Devo tudo aos dois.

Resumo

A literatura sobre inteligência humana enfatiza a existência de diferenças individuais na população humana e essas diferenças se devem, em grande parte, a questões biológicas e/ou genéticas. Várias pesquisas vêm mostrando que pessoas com cérebros mais eficientes apresentam melhores resultados em testes cognitivos. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo verificar a velocidade de processamento e eficiência neural em crianças de alto desempenho cognitivo. Para tanto, dois grupos compuseram a amostra: Grupo 1, crianças apresentando desempenho cognitivo mediano (grupo controle, com quatro participantes) e Grupo 2, crianças apresentando alto desempenho cognitivo ou superdotação (grupo experimental, com seis participantes). Os testes Matrizes Progressivas de Raven e Escalas Wechsler (WISC-IV e WASI) foram utilizados para avaliação cognitiva e definição dos grupos. Para observação da velocidade de processamento, avaliada através de tempo de reação para tomada de decisão (TRDT), foi utilizada uma tarefa cognitiva elementar (ECT). Os dois grupos foram submetidos a eletroencefalografia durante a execução da ECT, o que permitiu a observação das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma emitidas durante a atividade. Os resultados mostraram que o Grupo 2 obteve valor médio de TRTD inferior ao valor apresentado pelo Grupo 1, mostrando correlações negativas $r = -0,52$ ($p < 0,120$) e $\rho = -0,40$ ($p < 0,250$) entre velocidade de processamento e inteligência. Os valores médios das amplitudes das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma também foram inferiores para o Grupo 2, quando comparados aos valores apresentados pelo Grupo 1, mostrando evidências de associação entre eficiência neural e inteligência. As características de dispersão destas ondas cerebrais (avaliadas através de representações topográficas dos córtices cerebrais de todos os participantes) não mostraram diferenças que pudessem definir os dois grupos, mas mostraram características próprias de cada uma das formas de onda observadas. As ondas Alpha apresentaram maior intensidade nas regiões parietais dos dois hemisférios cerebrais (em média), as ondas Beta apresentaram dispersão de mesma intensidade nas regiões dos dois hemisférios cerebrais (em média) e as ondas Gamma apresentaram maior intensidade nas regiões temporais e occipitais dos dois hemisférios cerebrais (em média). Em geral, os resultados evidenciaram associações entre velocidade de processamento e eficiência neural com inteligência.

Palavras-chave: Velocidade de processamento; Eficiência neural; Inteligência; Eletroencefalograma; Diferenças individuais.

Abstract

The literature on human intelligence emphasizes the existence of individual differences in the human population, and these differences are due in large part to biological and / or genetic issues. Several researches have shown that people with more efficient brains perform better on cognitive tests. In this sense, the present work aims to verify the processing speed and neural efficiency of children with high cognitive performance. To do so, two groups composed the sample: Group 1, children with average cognitive performance (control group, with four participants) and Group 2, children with high cognitive performance or giftedness (experimental group, with six participants). The Raven Progressive Matrix and Wechsler Scale tests (WISC-IV and WASI) were used for cognitive assessment and group definition. To observe the processing speed, evaluated through reaction time of decision-making, an elementary cognitive task (ECT) was used. The two groups were submitted to electroencephalography during the ECT, which allowed the observation of the Alpha, Beta and Gamma brain waves emitted during the activity. The results showed that Group 2 had an averaged RTDM lower than the value presented by Group 1, showing negative correlations $r = - 0.52$ ($p < 0.120$) and $\rho = - 0.40$ ($p < 0.250$) between processing speed and intelligence. Mean values of Alpha, Beta and Gamma brain waves amplitudes were also lower for Group 2 when compared to the value presented by Group 1, showing evidence of association between neural efficiency and intelligence. The dispersion characteristics of these brain waves (evaluated through topographic representations of the cerebral cortices of the participants) did not show differences that could define the two groups, but showed characteristic of each of the waveforms observed. Alpha waves presented higher intensity in the parietal regions of both hemispheres (on average), Beta waves showed the same intensity in the regions of both hemispheres (on average) and the Gamma waves presented higher intensity in the temporal and occipital regions of both hemispheres (on average). In general, the results showed associations between processing speed and neural efficiency with intelligence.

Keywords: Processing speed; Neural efficiency; Intelligence; Electroencephalogram; Individual differences.

Lista de figuras

Figura 1. Curva de distribuição normal de QI.....	16
Figura 2. Estrutura hierárquica da inteligência, por John B. Carroll.....	19
Figura 3. Áreas de Brodmann envolvidas com a inteligência.....	23
Figura 4. Geração de sinais elétricos por atividade neuronal.....	26
Figura 5. Padrões normais das ondas elétricas cerebrais.....	28
Figura 6. Áreas dos lobos cerebrais envolvidas com a inteligência.....	29
Figura 7. Figuras estímulo números 20 e 22 da tarefa cognitiva elementar.....	35
Figura 8. Interface da tarefa cognitiva elementar utilizada.....	41
Figura 9. Figura estímulo 22 da tarefa cognitiva elementar.....	43
Figura 10. Sistema Internacional 10-20 para posicionamento dos eletrôdos.....	44
Figura 11. Histograma para os valores de tempo de decisão - Grupo 1.....	52
Figura 12. Histograma para os valores de tempo de decisão - Grupo 2.....	52
Figura 13. Gráficos de dispersão dos valores de tempo de decisão - participantes Grupo 1 ...	53
Figura 14. Gráficos de dispersão dos valores de tempo de decisão - participantes Grupo 2 ...	54
Figura 15. Ondas Alpha relativas ao estímulo 22 dos participantes Grupos 1 e 2.....	58
Figura 16. Ondas Beta relativas ao estímulo 22 dos participantes Grupos 1 e 2.....	59
Figura 17. Ondas Gamma relativas ao estímulo 22 dos participantes Grupos 1 e 2.....	60

Lista de tabelas

Tabela 1. Perfil das participantes – estudo piloto	34
Tabela 2. Resultados (brutos e em percentil) dos testes psicométricos – estudo piloto	34
Tabela 3. Resultados de tempo de decisão – estudo piloto	35
Tabela 4. Resultados de tempo de decisão relativos às figuras 20 e 22 – estudo piloto.....	36
Tabela 5. Amplitudes médias das ondas elétricas cerebrais – estudo piloto.....	36
Tabela 6. Perfil dos participantes do estudo proposto	38
Tabela 7. Características técnicas do BWII EEG	43
Tabela 8. Resultados (brutos e em percentil) do teste Raven – Escala geral	48
Tabela 9. Resultados (brutos e em percentil) dos testes WISC-IV e WASI	49
Tabela 10. Perfil dos grupos divididos por faixas de QI.....	49
Tabela 11. Estatísticas de grupo para a variável QI.....	50
Tabela 12. Valores médios de tempo de decisão obtidos através da ECT	51
Tabela 13 . Estatísticas de grupo para a variável tempo de decisão	51
Tabela 14. Eventos relativos à figura estímulo 22.....	56
Tabela 15. Estatísticas de grupo para a variável tempo de decisão relativas ao estímulo 22 ..	56
Tabela 16. Amplitudes das ondas elétricas cerebrais dos participantes do estudo proposto ...	61

Lista de abreviaturas e siglas

AEP: *Average evoked potential* (Potencial evocado médio).

APM: *Advanced Progressive Matrices* (Matrizes Progressivas Avançadas).

BWII: *Brain Wave II* (Modelo do instrumento eletroencefalograma utilizado).

CEFALA: Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música (Laboratório do programa de Pós-Graduação da Engenharia Elétrica – UFMG).

CNE: Conselho Nacional de Educação.

COEP: Comitê de ética em pesquisas.

CPM: *Coloured Progressive Matrices* (Matrizes Progressivas Coloridas).

ECT: *Elementary cognitive task* (Tarefa cognitiva elementar).

EEG: Eletroencefalograma.

EOG: Eletro-oculograma.

FAFICH: Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.

FAPEMIG: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

fMRI: *Functional Magnetic Resonance Imaging* (Imagem por ressonância magnética funcional).

g: Inteligência geral.

gc: Inteligência cristalizada.

gf: Inteligência fluida.

gr: Capacidade ampla de recuperação.

gs: Capacidade cognitiva ampla.

gt: Velocidade de processamento de informação.

gu: Capacidade ampla auditiva.

gv: Capacidade ampla de visão; Processamento visual.

gy: Memória e aprendizado.

Hz: Hertz (Unidade de medida definida pelo Sistema Internacional de Unidades para a frequência).

IC: Idade cronológica.

IM: Idade mental.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

LADI: Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais.

MATLAB: *Matrix laboratory* (Software utilizado para análise de dados EEG).

MCP: Memória de curto prazo.

MEG: Magnetoencefalografia.

MRI: Magnetic resonance imaging (Ressonância magnética).

MT: Memória de trabalho.

PET: *Positron emission tomography* (Tomografia por emissão de pósitrons).

P-FIT: *Parieto-Frontal Integration Theory* (Teoria da integração parieto-frontal).

QI: Quociente de inteligência.

QIE: QI de Execução.

QIT: QI Total.

QIV: QI Verbal

SI 10-20: Sistema Internacional 10-20 (Padrão internacional para coleta de EEG).

SPA: Serviço de Psicologia Aplicada.

SPM: *Standard Progressive Matrices*. (Matrizes Progressivas Standard).

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences* (Software para análises estatísticas).

TALE: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TD: Tempo de decisão.

TR: Tempo de reação.

TRE: Tempo de reação de escolha.

TRS: Tempo de reação simples.

TRTD: Tempo de reação para tomada de decisão.

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais.

WAIS: *Wechsler Adult Intelligence Scale* (Escala Wechsler de Inteligência para Adultos).

WASI: *Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence* (Escala Wechsler Abreviada de Inteligência).

WISC: *Wechsler Intelligence Scales for Children* (Escala Wechsler de Inteligência para Crianças).

Sumário

Resumo	V
Abstract	VI
Lista de figuras	VII
Lista de tabelas	VIII
Lista de abreviaturas e siglas	IX
1 Apresentação	13
2 Introdução	15
2.1 Inteligência, testes psicométricos e QI	15
2.2 Modelos fatoriais da inteligência	17
2.3 Parâmetros de velocidade de processamento e inteligência	19
2.3.1 Memória de trabalho e memória de curto prazo	20
2.3.2 Velocidade de processamento e tempo de reação	20
2.4 Neuroanatomia, eficiência neural, eletroencefalograma e diferenças individuais em inteligência	22
2.4.1 Neuroanatomia e inteligência	22
2.4.2 Eficiência neural e inteligência	24
2.4.3 Eletroencefalograma e inteligência	25
2.4.4 Sexo e diferenças na inteligência	29
2.4.5 Superdotação	30
3 Objetivos	33
3.1 Objetivo Geral	33
3.2 Objetivos específicos	33
4 Método	34
4.1 Estudo piloto	34
4.1.1 Resultados dos Testes Psicométricos e da ECT – estudo piloto	34
4.1.2 Resultados de Eletroencefalograma – estudo piloto	35
4.1.3 Conclusão do estudo piloto.....	36
4.2 Participantes – estudo proposto	37
4.3 Instrumentos – estudo proposto	38
4.4 Procedimento – estudo proposto	46
5 Resultados e Discussão – estudo proposto	48
5.1 Análises das aplicações dos testes psicométricos	48

5.2 Análise da aplicação da ECT	50
5.3 Análise dos dados de eletroencefalograma	57
6 Conclusão – estudo proposto.....	63
7 Referências Bibliográficas	65
ANEXO 1: Termo de consentimento livre e esclarecido 1	72
ANEXO 2: Termo de consentimento livre e esclarecido 2.....	74
ANEXO 3: Aprovação COEP	76
ANEXO 4: As vinte e quatro figuras estímulo contidas na ECT	77
ANEXO 5: Critérios para classificação da estrutura dos estímulos	78
ANEXO 6: Instrumentos para eletroencefalografia utilizados no estudo	79
ANEXO 7: Estatísticas e gráficos dos eventos de tempo de decisão do estudo piloto.....	80
ANEXO 8: Topografia das ondas elétricas da participante 1 – estudo piloto.....	81
ANEXO 9: Topografia das ondas elétricas cerebrais da participante 2 – estudo piloto.....	82
ANEXO 10: Espectro de frequência com artefatos referentes à 60Hz e 80Hz	83
ANEXO 11: Dados contínuos de EEG filtrados para as frequências Alpha, Beta e Gamma ..	84
ANEXO 12: Dados contínuos de EEG com eventos de tempo de decisão, além de alguns artefatos e o canal de referência do EEG	85
ANEXO 13: Topografia das ondas elétricas do participante 1 (Grupo 1).....	86
ANEXO 14: Topografia das ondas elétricas do participante 3 (Grupo 1).....	87
ANEXO 15: Topografia das ondas elétricas do participante 4 (Grupo 1).....	88
ANEXO 16: Topografia das ondas elétricas do participante 1 (Grupo 2).....	89
ANEXO 17: Topografia das ondas elétricas do participante 2 (Grupo 2).....	90
ANEXO 18: Topografia das ondas elétricas do participante 3 (Grupo 2).....	91
ANEXO 19: Topografia das ondas elétricas do participante 5 (Grupo 2).....	92
ANEXO 20: Topografia das ondas elétricas do participante 6 (Grupo 2).....	93
ANEXO 21: Sala ambiente preparada para aplicação da ECT e coleta EEG	94

1 Apresentação

A partir do final do Século XIX pesquisadores e estudiosos do comportamento humano buscaram entender e explicar o que é Inteligência e o que são capacidades cognitivas e funcionamento cerebral. Desde então, vários modelos teóricos foram criados com o objetivo de demonstrar a estrutura da inteligência e seu comportamento, assim como vários testes psicométricos foram elaborados com o objetivo de mensurá-la.

Após mais de um século de investigações os pesquisadores parecem ter chegado ao consenso de que a inteligência é uma capacidade mental geral que, entre outras coisas, envolve a habilidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar de forma abstrata, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e aprender com a experiência. A inteligência não reflete meramente o aprendizado através de leitura ou uma habilidade acadêmica qualquer. É o reflexo de uma capacidade mais ampla e profunda para compreender nossos ambientes, entender o sentido do que acontece ao nosso redor e descobrir o que fazer em uma situação qualquer (Gottfredson, 1997a).

Se reconhece, através das pesquisas, revisões e estudos acumulados ao longo dos anos, que a inteligência se relaciona com mais de sessenta fenômenos sociais, como o rendimento escolar, nível de escolaridade, rendimento salarial mensal, status ocupacional, saúde geral e longevidade, desempenho no trabalho, estabilidade emocional, criminalidade, envolvimento com drogas, comportamento sexual de risco, risco de acidentes, dentre outros (Strenze, 2007).

Assim, a inteligência vai muito além de capacidades ou habilidades cognitivas, pois impacta nossas vidas como um todo e a sociedade de uma forma geral (Da Silva & Santos, 2012; Gottfredson, 1997b, 2003; Strenze, 2007).

Para Colom (2006), as pessoas aceitam facilmente que o estado de ânimo influencia suas vidas, mas quase não percebem a importância da inteligência nessas mesmas vidas. A razão é que as mudanças no estado de ânimo são grandes e perceptíveis, dia após dia. Mas a alteração do quociente intelectual é algo que não acontece de um dia para outro.

As tecnologias atuais, que permitem estudos através do uso de neuroimagem e eletroencefalografia, por exemplo, vêm possibilitando compreensão importante no que diz respeito às propriedades específicas do cérebro envolvidas com a inteligência e a forma como o mesmo responde a estímulos gerados pelo ambiente. A revisão realizada por Gray e Thompson (2004), a partir de estudos com eletroencefalograma e ressonância magnética (fMRI), mostrou que cérebros de pessoas mais inteligentes e menos inteligentes atuam de maneiras distintas.

Atualmente há um consenso de que a inteligência está diretamente relacionada à velocidade de processamento cerebral e à eficiência neural (que impacta diretamente nas ativações das áreas corticais). Diversos estudos, como os de Conway, Cowan, Bunting, Therriault e Minkoff (2002) e Salthouse (1996), mostraram que quanto maior a velocidade de processamento maior é a inteligência. O mesmo pode ser dito em relação à eficiência neural. De acordo com Haier (2006), quanto maior a eficiência neural, maior a inteligência.

As pesquisas realizadas com o propósito de encontrar as bases biológicas da inteligência humana recebem cada vez mais atenção da comunidade científica, uma vez que a compreensão dos mecanismos fisiológicos e funcionais dos processos cognitivos, aliados à plasticidade neuronal, pode motivar novos estudos que apontem para a possibilidade de manutenção das capacidades e habilidades cognitivas do ser humano, ao longo da vida, as prolongando ao máximo.

O presente trabalho aborda, primeiramente, os principais modelos teóricos sobre inteligência e alguns dos testes psicométricos utilizados para sua avaliação, além de processos e parâmetros envolvidos na inteligência (como memória de trabalho, velocidade de processamento e eficiência neural). Logo, apresenta o delineamento metodológico utilizado para alcançar seu objetivo, qual seja o de verificar diferenças de velocidade de processamento e de eficiência neural entre crianças de dois níveis distintos de desempenho cognitivo. Tal delineamento envolve as questões éticas, as ferramentas utilizadas para seleção de participantes e formação dos grupos, os instrumentos utilizados para gerar e coletar as variáveis pertinentes, além das ferramentas para tratar os dados obtidos. Finalmente, serão apresentados os resultados da pesquisa, bem como a discussão dos mesmos de acordo com o referencial teórico adotado.

2 Introdução

2.1 Inteligência, testes psicométricos e QI

Sir Francis Galton, antropólogo inglês nascido em 1822, é conhecido como o primeiro a desenvolver uma teoria sobre a inteligência. Ele propôs, no final do Século XIX, que a inteligência poderia ser entendida em termos de habilidades psicomotoras elementares (Sternberg, 2012). Para Galton, a medição da inteligência deveria ser uma medida direta da base biológica de todas as atividades mentais responsáveis pelas diferenças individuais na capacidade de realizar tarefas cognitivas. Ou seja, a medição deveria ser de natureza biológica e fisiológica (Weinberg, 1989). Porém, seus testes não provaram serem preditivos para rendimento escolar e outros tipos de desempenhos cognitivos significativos (Sternberg, 2012).

Os testes modernos para avaliação da inteligência foram originados no início do Século XX com o trabalho realizado por Alfred Binet e Theodore Simon, dois pesquisadores franceses que desenvolveram a Escala de Inteligência Stanford-Binet. A ideia de Binet e Simon foi levada aos Estados Unidos da América por Henry Goddard e Lewis Terman, da Universidade de Stanford. Terman concebeu o que veio a ser chamado de Escalas Stanford-Binet, que continuam utilizadas em suas formas revisadas. Estes testes medem habilidades como vocabulário, resolução de problemas aritméticos, interpretação de provérbios e visualização espacial (Sternberg, 2012).

Outro importante teste foi o desenvolvido por David Wechsler, que acreditava que a inteligência seria uma habilidade crítica para a adaptação dos desafios que enfrentamos no dia a dia. As Escalas Wechsler de inteligência são, em suas formas revisadas, os testes mais utilizados em todo o mundo (Sternberg, 2012).

A escala original de Wechsler diferiu da escala de Binet em três aspectos fundamentais. Primeiro, o quociente de inteligência (QI) foi calculado com base em unidades de desvio padrão da média da idade, ao invés da idade mental. Em segundo lugar, praticamente os mesmos testes foram utilizados em cada faixa etária dentro dos grupos de faixas etárias (criança, adulto, idoso). Em terceiro lugar, além de medir o quociente de inteligência (QI), as escalas Wechsler também mediram as habilidades verbal e lógica (Sternberg, 2012).

Destacam-se, ainda, as “Matrizes Progressivas de Raven”, desenvolvido por John C. Raven na Universidade de Dumfries, Escócia, sendo padronizado e publicado em 1938. A forma original, denominada Matrizes Progressivas Standard (*Standard Progressive Matrices* – SPM), é conhecida no Brasil como Escala Geral. Esta escala foi projetada para abranger

todas as faixas de desenvolvimento intelectual, desde o momento em que a criança é capaz de compreender a ideia de encontrar a parte que falta para completar uma determinada figura (Bandeira, Alves, Giacomel, & Lorenzatto, 2004).

Em 1947 o autor desenvolveu mais duas escalas, as Matrizes Progressivas Coloridas (*Coloured Progressive Matrices – CPM*) e as Matrizes Progressivas Avançadas (*Advanced Progressive Matrices – APM*). A primeira, para ser aplicada em crianças, pessoas idosas e deficientes mentais. Destina-se à faixa de 5 a 11 anos, no que se refere às crianças. A segunda, para testar pessoas com capacidade intelectual superior à média, é mais utilizada com universitários (Bandeira et al., 2004).

O quociente de inteligência (QI) é uma medida padronizada obtida estatisticamente (com média de 100 e desvio padrão de 15) por meio de testes desenvolvidos, como os citados, para avaliar as capacidades cognitivas de um sujeito. É a expressão do nível de habilidade de um indivíduo em um determinado momento em relação ao padrão (ou normas) comum à sua faixa etária, considerando que a inteligência de um indivíduo, em qualquer momento, é o “produto final” de uma complexa sequência de interações entre fatores ambientais e hereditários (Anastasi, 1977).

O QI é definido como:

$$\text{QI} = 100 * (\text{IM} / \text{IC})$$

Sendo IM a idade mental do sujeito e IC a idade cronológica do sujeito. A distribuição normalizada do QI pode ser observada na Figura 1.

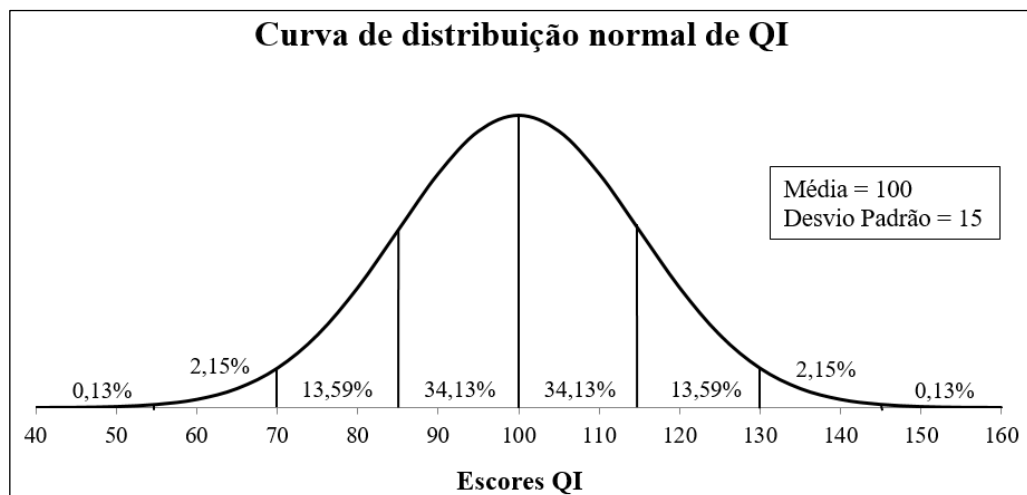


Figura 1. Curva de distribuição normal de QI. Com média de 100 e desvio padrão 15.

Embora os pesquisadores acreditem que a inteligência seja altamente estável, o QI, no mínimo, pode ser bastante variável. Como mostrado pelo efeito Flynn, o QI pode variar de uma geração para outra. James R. Flynn, psicólogo americano, mostrou que o QI médio

aumentou cerca de três pontos a cada década em muitas nações durante todo o século XX (Sternberg, 2012).

A possibilidade de medir a inteligência é uma das maiores realizações da psicologia e uma das mais controversas. Os críticos reclamam que nenhum teste é capaz de capturar a complexidade da inteligência humana. Todas as medidas são imperfeitas, nenhuma medida está completamente livre de viés cultural, e existe o potencial de uso indevido de pontuação em testes de inteligência. Mas não pode ser negado que a medição da inteligência tem valor utilitário porque os testes utilizados são bons preditores de notas na escola, desempenho no trabalho e muitos outros aspectos do sucesso na vida. Por exemplo, profissionais como advogados, contadores e médicos, tendem a ter QI elevados. Mesmo em postos de trabalho e/ou tarefas estreitamente definidas, aqueles com QI mais elevados superam aqueles com menor QI, com os efeitos do QI sendo maiores para as ocupações e tarefas mais exigentes de habilidades cognitivas (Nisbett et al., 2012).

2.2 Modelos fatoriais da inteligência

Ao longo do Século XX surgiram vários modelos teóricos sobre a estrutura da inteligência. Dentre os principais estão os descritos por Charles E. Spearman, Raymond B. Cattell e John B. Carroll.

Charles E. Spearman concebeu sua teoria da inteligência como composta de dois grandes fatores, um denominado de habilidade geral (fator g) e o outro de habilidade específica (fator s) (Da Silva, 2005).

Sua teoria, elaborada no início do Século XX, foi rotulada de teoria dos dois fatores e supunha que todos, e qualquer que fosse o teste cognitivo, refletiam um fator “g” comum para todos os testes cognitivos e também um fator “s” que era específico para cada teste particular. Posteriormente, Spearman constatou que, além de “g” (habilidade geral) e de “s” (habilidade específica), certos grupos de testes tinham outras fontes de variância em comum, denominadas fatores de grupo. Alguns destes fatores de grupo são as habilidades verbal, numérica e espacial. Spearman enfatiza “g” como fator explicativo da inteligência, apesar de reconhecer que “g” não poderia explicar toda a variância numa matriz de escores de testes mentais (Da Silva, 2005).

O modelo proposto por Raymond B. Cattell, idealizado na década de 1940, propõem a necessidade de diferenciar dois tipos de inteligência: inteligência fluida (gf) e inteligência cristalizada (gc) (Andrés-Pueyo, 2006).

A inteligência fluida se fundamenta nas capacidades básicas de raciocínio e nos

processos mentais superiores, e reflete a capacidade de adaptação a problemas ou situações novos, sem necessidade de experiências prévias, de aprendizagem ou ajudas, ao menos de modo decisivo (Andrés-Pueyo, 2006). Para McGrew (2009) a inteligência cristalizada seria o conhecimento da cultura incorporada pelos indivíduos através de um processo de aculturação, podendo, então, ser descrita como a amplitude e a profundidade do conhecimento adquirido de um sujeito, sobre a linguagem, informação e conceitos de uma cultura específica.

Assim, pode-se dizer da natureza da inteligência fluida que o estado biológico do organismo deve exercer maior influência sobre este tipo de inteligência do que sobre a inteligência cristalizada (Andrés-Pueyo, 2006).

As Matrizes Progressivas de Raven são consideradas o melhor instrumento para avaliação da inteligência fluida. Este teste requer o exame de uma matriz de figuras geométricas que diferem umas das outras de acordo com uma regra a ser identificada pelo indivíduo a ser testado. Esta regra é usada para gerar uma resposta a uma pergunta sobre qual nova figura geométrica satisfaria a regra (Nisbett et al., 2012). A inteligência cristalizada pode ser medida através das escalas Wechsler, instrumento amplamente utilizado e considerado "padrão-ouro" para medidas de inteligência (Hill et al., 2013).

John B. Carroll foi quem procurou integrar em um modelo único todas as investigações fatoriais da inteligência.

O objetivo fundamental do trabalho de Carroll, publicado em 1993, foi reanalisar as principais contribuições empíricas para os estudos da estrutura da inteligência (Andrés-Pueyo, 2006). Seu trabalho, conhecido como "Teoria dos Três Estratos" e aceito pela grande maioria dos estudiosos, divide a estrutura da inteligência em três níveis.

De acordo com Deary (2001), no topo da hierarquia, chamado de terceiro estrato, está a Inteligência Geral (g). No segundo estrato observam-se oito tipos de habilidades mentais, entre elas estão as inteligências fluida e cristalizada (retratadas por Cattell), capacidade cognitiva ampla e velocidade de processamento de informação. No primeiro estrato estão habilidades mentais específicas, como os fatores de rendimento escolar e motivacional, memória associativa e velocidade de processamento.

O modelo proposto por Carroll é descrito pela Figura 2.

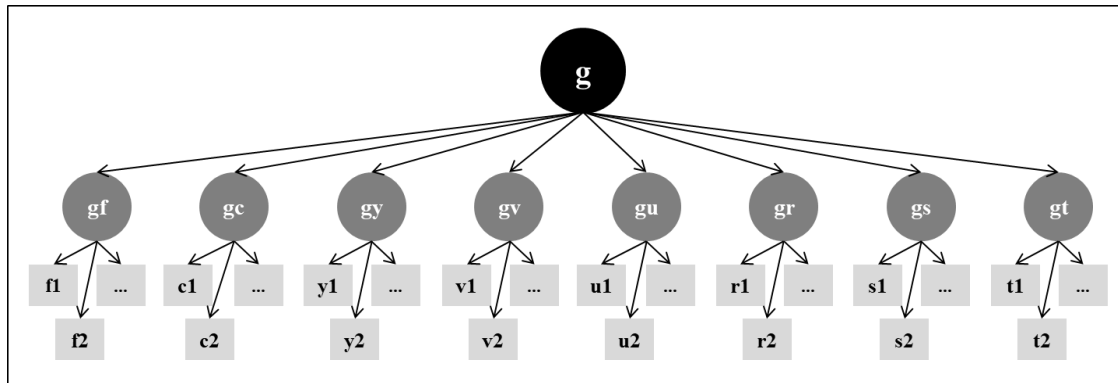


Figura 2. Estrutura hierárquica da inteligência, por John B. Carroll. Observa-se g (inteligência geral) no terceiro estrato; gf (inteligência fluida), gc (inteligência cristalizada), gy (memória e aprendizado), gv (capacidade ampla de visão), gu (capacidade ampla auditiva), gr (capacidade ampla de recuperação), gs (capacidade cognitiva ampla) e gt (velocidade de processamento de informação) no segundo estrato. E no primeiro estrato observam-se as habilidades mentais específicas.

2.3 Parâmetros de velocidade de processamento e inteligência

2.3.1 Memória de trabalho e memória de curto prazo

É possível observar, através do modelo de Carroll, habilidades ou capacidades relativas à memória de trabalho (MT) e memória de curto prazo (MCP). A MT é responsável por armazenamento temporário e processamento de informação, e pode ser considerada como um dos pontos fundamentais das diferenças individuais em capacidades cognitivas.

Estudos, como os realizados por Engle, Tuholski, Laughlin e Conway (1999) e Cowan (2008), mostram fortes relações entre MT e competências cognitivas, como leitura, compreensão da linguagem, aprendizado de vocabulário, entre outras.

A capacidade de controlar deliberadamente a atenção para manter e manipular informações, observada na MT, é fundamental para as funções cognitivas superiores. Isso sugere que as diferenças individuais na habilidade cognitiva geral podem estar relacionadas às diferenças observáveis em atividades cognitivas que suportam MT e controle de atenção (Gevins & Smith, 2000).

A memória de curto prazo (MCP) se refere às faculdades da mente humana capazes de armazenar temporariamente uma quantidade limitada de informações e que podem ser facilmente acessadas conforme demanda cognitiva (Cowan, 2008). Para Engle et al. (1999), a MCP pode ser considerada um subconjunto da MT. Os resultados obtidos por Colom, Flores-Mendoza, Quiroga e Privado (2005) mostraram que a MCP, enquanto componente da MT, é um fator crucial para a relação existente entre a própria MT e a inteligência.

Colom e Flores-Mendoza (2006b) mostraram que MCP e velocidade de processamento predizem a inteligência geral, enquanto que o fator latente da MT (com seus componentes de armazenamento e processamento controlados) não apresenta predição significativa. Em outras palavras, a alta relação entre MT e inteligência exige participação da MCP e da velocidade de processamento.

2.3.2 Velocidade de processamento e tempo de reação

Os trabalhos de Galton e Cattell mostram que, desde os primórdios da Psicologia, a relação entre a velocidade com que tarefas cognitivas simples são executadas e inteligência aparece estudada (Bates & Stough, 1998). O interesse por tal relação foi amplificado a partir da década de 1950, assumindo-se que a velocidade de processamento cerebral constitui um componente básico das diferenças individuais na inteligência (Fink & Neubauer, 2001, 2005; Rinderman & Neubauer, 2004).

Alguns pesquisadores argumentam que a velocidade de processamento cerebral explica a relação entre a memória de trabalho e a inteligência fluida. De acordo com este argumento, a velocidade de processamento é uma característica geral que determina a capacidade da memória de trabalho, porque o processamento de informações (codificação, transformação e recuperação) leva tempo (Conway et al., 2002).

Quanto maior a velocidade de processamento, maior a quantidade de informações que podem ser processadas em uma unidade de tempo. Assim, um indivíduo com memória de trabalho acima da média pode ter uma capacidade maior do que outros, mas o atributo causal é uma velocidade de processamento global (Salthouse, 1996).

De acordo com Jensen (2006), grupos definidos como de alta capacidade cognitiva, ou altas habilidades, diferem muito acentuadamente do maior segmento da população escolar (sujeitos de média e baixa capacidade cognitiva) em sua velocidade de processamento de informações, mesmo quando a tarefa de processamento é muito simples e não tem conteúdo de natureza escolar. Os efeitos em longo prazo desta diferença na velocidade de processamento, para uma exposição prolongada a muitas experiências de aprendizagem, podem representar facilmente uma superioridade em conhecimentos gerais, outras habilidades cognitivas e conquistas acumuladas pelos alunos de alta capacidade cognitiva quando comparado a alunos de média e baixa capacidade e que tiveram oportunidades iguais ao longo de um determinado período de tempo.

Evidências de um componente genético no desempenho da velocidade de processamento asseguram que medidas confiáveis de diferenças individuais refletem uma

base biológica e que a variação nos mecanismos cerebrais envolvidos não é apenas o resultado de influências que ocorrem após a concepção (Jensen, 2006).

O processamento simples de informação pode ser pesquisado por meio do uso de tarefas cognitivas elementares (*elementary cognitive task* – ECT). Trata-se de explorar processos cognitivos como a captação do estímulo, a discriminação, a escolha, a busca visual, a sondagem da memória de curto prazo e a recuperação da informação a partir da memória permanente (Colom & Flores-Mendoza, 2006a). A maioria dos estudos publicados que examinam a relação entre velocidade de processamento de informação e habilidades cognitivas empregam tanto uma tarefa cognitiva elementar quanto um instrumento de medida psicométrica (Roberts & Stankov, 1999).

Um dos elementos que compõem a estrutura da velocidade de processamento é o tempo de reação (TR), como Sir Francis Galton já havia sugerido, e seu uso como medida de inteligência remonta ao próprio Galton e, posteriormente, à Cattell. Estas primeiras tentativas foram consideradas sem sucesso e a investigação da relação entre TR e inteligência foi abandonada no início da história da psicologia diferencial. Nas últimas décadas do Século XX houve um ressurgimento do interesse no TR em conexão com as teorias sobre processamento de informação. Demonstrou-se que o TR para estímulos de complexidade variável possui uma relação linear direta com a quantidade de informação transmitida, quando a quantidade de informação é escalada em bits, ou seja, o número de escolhas binárias necessárias para reduzir a incerteza a zero. A informação pode ser variada alterando o número de alternativas entre as quais uma escolha deve ser feita (Jensen & Munro, 1979).

Com o aumento do número de alternativas, e conseqüente aumento na complexidade do estímulo, o tempo de reação pode ser desmembrado em tempo de reação simples (TRS), tempo de reação de escolha (TRE) e tempo de reação para tomada de decisão (TRTD). O TRS é avaliado pela solicitação de uma resposta à apresentação de um único estímulo simples e inclui três componentes: (1) Lapso sensorial e transdução do estímulo a partir dos órgãos dos sentidos, através das fibras nervosas até o cérebro; (2) Tempo de processamento cerebral necessário para perceber o estímulo no nível central; (3) Os impulsos nervosos eferentes que conduzem a uma resposta motora. Nas tarefas de TRS não é necessária nenhuma discriminação e nem é preciso tomar qualquer decisão. O tempo médio de resposta nas tarefas envolvendo tempo de reação é de 200 milissegundos (Colom & Flores-Mendoza, 2006a).

Nas tarefas de TRE o sujeito deve responder escolhendo entre duas possibilidades. São similares às tarefas de TRS, mas, neste caso, existe um passo adicional: o tempo necessário para decidir entre as duas possibilidades apresentadas. Descontando o tempo de reação

simples do tempo de reação de escolha, é possível obter a medida do tempo necessário para realizar a escolha no sentido estrito (Colom & Flores-Mendoza, 2006a).

A tarefa para obter o TRTD inclui o TRE e acrescenta a necessidade de tomar uma decisão entre duas ou mais respostas alternativas. Tomar uma decisão constitui outro processo cognitivo que acrescenta complexidade à tarefa apresentada. Descontando o tempo de reação de escolha do tempo de reação para tomada de decisão, é possível obter o tempo necessário para a tomada de decisão cognitiva (Colom & Flores-Mendoza, 2006a). De acordo com Jensen (2006), uma tarefa cognitiva elementar relativamente simples, utilizada em pesquisa, permite maior controle experimental da complexidade da tarefa e reduz as fontes desconhecidas de variância que podem impactar nas diferenças individuais observadas no tempo de reação para tomada de decisão (TRTD) em testes psicométricos complexos e em problemas da “vida real”.

Deary (2001) mostrou que sujeitos que apresentam alta pontuação em testes de inteligência têm, em média, TR menor e menos variável. Evidências sugerem uma moderada, porém consistente correlação negativa entre TR em várias tarefas cognitivas elementares e inteligência (Neubauer, Fink & Schrausser, 2002). As correlações mais elevadas são obtidas quando as tarefas de tempos de reação se aproximam do limiar da memória de trabalho, ou seja, antes que a memória de trabalho seja ativada. Quando essa capacidade é ultrapassada, registra-se uma redução nos coeficientes de correlação (Jensen, 2006).

2.4 Neuroanatomia, eficiência neural, eletroencefalograma e diferenças individuais em inteligência

2.4.1 Neuroanatomia e inteligência

Jung e Haier (2007) revisaram 37 estudos de neuroimagem na tentativa de “localizar” a inteligência no cérebro humano. Destas revisões surgiu a Teoria da Integração Parieto-frontal (*Parieto-Frontal Integration Theory - P-FIT*) que enfatiza que não existe um único centro responsável pela inteligência no cérebro, mas que a inteligência emerge de uma rede neural compreendida pela área parieto-frontal, ativada durante testes cognitivos.

De acordo com esta teoria, as áreas de Brodmann¹ números 18, 19 (no lobo occipital), 37 (no lobo temporal) estão envolvidas com inteligência e desempenho em testes cognitivos porque contribuem para o reconhecimento e elaboração de informações visuais. A área número 21 (no lobo temporal) envolve análise e/ou elaboração de sintaxe de informação auditiva (Jung & Haier, 2007).

As informações capturadas nestas áreas são processadas nas áreas de números 7, 39 e 40 (no lobo parietal), de onde se acredita que simbolismo estrutural, abstração e elaboração emergem. Estas regiões parietais interagem com partes do lobo frontal, especialmente as áreas de números 6, 9, 10, 45, 46 e 47, que são responsáveis pela memória de trabalho que compara as diferentes possibilidades de respostas. Uma vez que uma resposta emerge, a área de número 32 (córtex cingulado anterior) é responsável por consolidar esta resposta e inibir as demais possibilidades de resposta (Deary, Penke & Johnson, 2010).

A P-FIT pode ser considerada como a melhor resposta para a questão sobre quais áreas cerebrais possuem relação com a inteligência (Deary et al., 2010).

Todas as áreas de Brodmann envolvidas com inteligência, de acordo com a P-FIT, são mostradas na Figura 3.

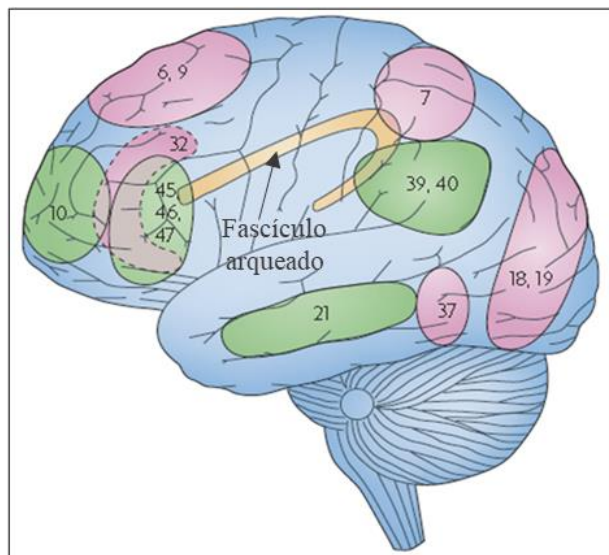


Figura 3. Áreas de Brodmann envolvidas com a inteligência, de acordo com Jung e Haier (2007) e Deary et al. (2010).

Fonte: Adaptada de “The neuroscience of human intelligence differences” de I. J. Deary, L. Penke e W. Johnson, 2010, *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 201-211.

O feixe de fibras brancas (axônios), que conectam os córtices frontal e parietal, chamado de fascículo arqueado (Figura 3), também impactam na inteligência. Barbey, Colom, Paul e Grafman (2014) demonstraram que dano nestes tratos prejudica a inteligência fluida.

Além dos córtices e das fibras que os conectam, o volume do cérebro também exerce influência na inteligência. Evidências apontam para esta relação, como as mostradas pela revisão realizada por McDaniel (2005) – reunindo várias revisões narrativas e uma meta-análise – que documenta uma relação positiva entre o volume cerebral e a inteligência.

¹ Áreas de Brodmann: Regiões do córtex cerebral definidas por suas citoarquitecturas e pela organização de suas células. Originalmente definidas e numeradas pelo anatomista alemão Korbinian Brodmann no início do Século XX.

Sua revisão apresenta uma correlação geral (observando sexo e faixa etária) de 0,33 entre volume do cérebro e inteligência. Esta correlação se mostra maior para as mulheres do que para os homens e maior para adultos do que crianças. Independentemente dos subgrupos examinados, a correlação entre volume cerebral e inteligência é sempre positiva.

2.4.2 Eficiência neural e inteligência

A hipótese de eficiência neural postula uma função cerebral mais eficiente em indivíduos mais inteligentes em comparação à indivíduos menos inteligentes. Esta ideia é baseada em evidências empíricas que demonstram associações negativas entre a inteligência e a quantidade de ativação neural, ou ativação cortical, durante o desempenho de uma tarefa cognitiva. O trabalho pioneiro neste contexto foi realizado por Haier et al. (1988) e mediu a taxa de metabolismo da glicose através de tomografia por emissão de pósitrons (PET) nos cérebros de oito voluntários normais enquanto eles realizavam as Matrizes Progressivas Avançadas do Raven (Grabner, Fink, Stipacek, Neuper & Neubauer, 2004).

Grabner et al. (2004) também avaliaram taxa de metabolismo de glicose em áreas do cérebro e mostraram uma correlação negativa ($-0,44 \approx -0,84$) entre consumo de glicose e inteligência, sugerindo que alta inteligência está associada a baixo nível de metabolismo de glicose ou baixo nível de ativação neural. Esta ideia também foi defendida por Haier (2006) que mostrou que quanto menor a taxa de metabolismo de glicose, maior a eficiência do cérebro e, portanto, maior a inteligência.

Haier, Siegel, Tang, Abel e Buchsbaum (1992) realizaram uma pesquisa correlacionando a diminuição do metabolismo da glicose no cérebro após o aprendizado de uma atividade qualquer. Para este estudo foi utilizado o mundialmente conhecido jogo “*Tetris*”. Os sujeitos com as maiores pontuações no Raven (Matriz Progressiva Raven, aplicado no estudo) mostraram uma diminuição no metabolismo de glicose em muitas áreas específicas do cérebro após a prática do jogo, o que os autores consideraram como efeito de aprendizagem “*Tetris*”. Isto pode refletir um aumento no processamento automático de demandas cognitivas após a prática contínua, o que resultaria em menos áreas do cérebro usadas para a tarefa e, assim, uma diminuição no metabolismo de glicose.

A revisão realizada por Neubauer e Fink (2009) aponta aspectos importantes sobre a eficiência neural mostrando que esta pode ser influenciada pelo grau da tarefa a ser executada. Quando uma determinada tarefa se torna subjetivamente muito difícil para um indivíduo de alta capacidade cognitiva o baixo nível de ativação neural é revertido em alta ativação neural.

Uma possível explicação poderia ser que, em tarefas muito difíceis, os indivíduos mais brilhantes dedicam mais energia à tarefa, como uma decisão voluntária de que a tarefa pode ser resolvida com maior esforço. Ao contrário, quando pessoas menos capazes estão trabalhando em uma tarefa muito complexa, que parece superar suas habilidades, eles podem tomar uma decisão deliberada de interromper a tarefa, abandonando o investimento adicional para ativação neural. Deste ponto de vista, a eficiência neural seria um "fenômeno natural" que se torna obscurecido com tarefas complexas ou mesmo revertido por influências emocionais e/ou motivacionais.

2.4.3 Eletroencefalograma e inteligência

Desde 1924, quando Hans Berger relatou a gravação da atividade elétrica rítmica do cérebro humano, a análise da atividade de eletroencefalograma (EEG) vem sendo realizada principalmente em contextos clínicos para detectar patologias e em pesquisas para quantificar os efeitos de novos agentes farmacológicos. Como resultado desses esforços, os padrões de EEG demonstraram ser modificados por uma ampla gama de variáveis, incluindo fatores bioquímicos, metabólicos, circulatórios, hormonais, neurológicos e comportamentais (Bronzino, 2000).

Os primeiros estudos vinculando eletroencefalografia e inteligência foram realizados também a partir da década de 1920, como pode ser observado no trabalho realizado por Wyspianski (1929), cujo título foi "*EEG Brain Waves and Creative Thinking*". Seus resultados sugeriam um escopo aparentemente ilimitado para novas pesquisas e que no futuro seria possível buscar correlações entre a variável EEG empregada na investigação e os desempenhos de testes capazes de medir aspectos de criatividade, imaginação e outros níveis de funcionamento cognitivo. Existem evidências de que as respostas elétricas cerebrais mostram diferenças entre pessoas de níveis distintos de inteligência. Sujeitos com inteligência elevada exibem, em média, respostas elétricas cerebrais mais rápidas, mais complexas e de diferentes formatos, quando observadas adequadamente através de um EEG (Deary, 2001).

Com o EEG conseguimos uma medida da atividade elétrica gerada quando um grupo de neurônios inicia e interrompe suas atividades (Haier, 2006). As ondas elétricas cerebrais identificadas através do EEG podem ser caracterizadas por amplitude e frequência, e o EEG é bastante sensível aos estados cerebrais, como vigília e sono, e as mudanças que ocorrem quando diferentes áreas do cérebro processam informações sensoriais, motoras e cognitivas. A amplitude do sinal de EEG depende, em parte, de quão síncrona é a atividade dos grupos de neurônios subjacentes.

Quando um grupo de neurônios recebe simultaneamente a mesma quantidade de excitação, através das Sinapses², os pequenos sinais elétricos se somam para gerar um sinal sincronizado e de maior amplitude. No entanto, quando cada neurônio recebe separadamente a mesma quantidade de excitação, em intervalos de tempo diferentes, os sinais somados são escassos e irregulares, gerando um sinal elétrico de pequena amplitude e dessincronizado (Bear, Connors, & Paradiso, 2007). Estes processos podem ser compreendidos através da Figura 4.

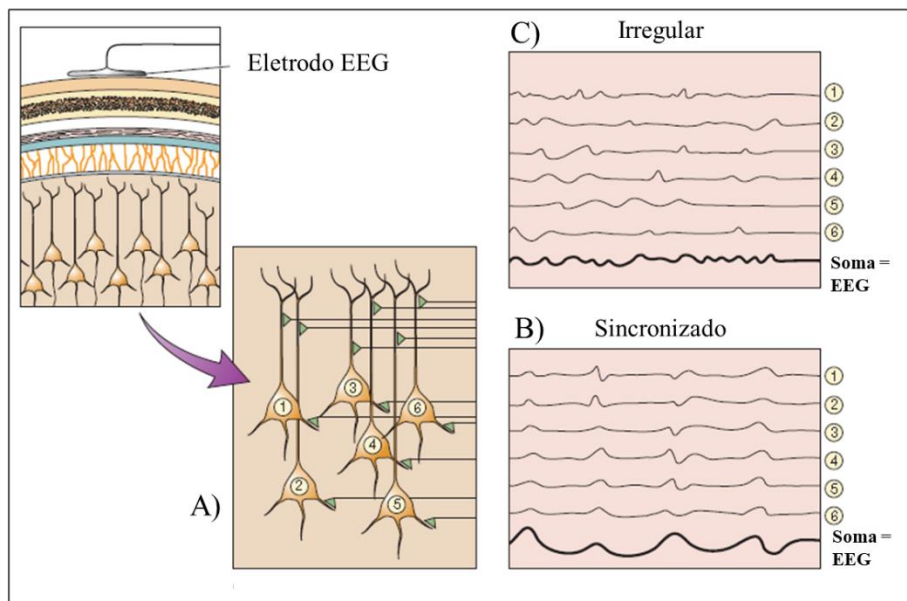


Figura 4. Geração de sinais elétricos por atividade neuronal. A) População de neurônios monitoradas por eletrodo. Cada neurônio é excitado através das Sinapses. B) Quando as excitações ocorrem de forma sincronizada as respostas dos neurônios são sincronizadas e o sinal EEG resultante terá maior amplitude. C) Quando as excitações ocorrem em intervalos irregulares, as respostas dos neurônios não são sincronizadas e o somatório da atividade detectada pelo eletrodo terá uma pequena amplitude.

Fonte: Adaptada de “Brain Rhythms and Sleep” de M. F. Bear, B. W. Connors e M. A. Paradiso, 2007, *Neuroscience: exploring the brain* (3rd ed.), Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins, p. 588.

Os sinais elétricos emitidos pelo cérebro podem ser classificados em cinco bandas de frequência, associadas a diferentes estados mentais.

As ondas Delta (0 Hz a 3,5 Hz) ocorrem no sono profundo e estão relacionadas com consolidação de memória episódica durante o sono, conforme descrevem Hondrou e Caridakis (2012) e Axmacher, Elger e Fell (2008).

² Sinapse: As sinapses são locais especializados de contato onde ocorre transmissão de informação entre neurônios durante o processo chamado de transmissão sináptica. Existem dois tipos de sinapses: Elétricas (se refere a transmissão de pulso elétrico) e químicas (se refere a transmissão de neurotransmissores).

As ondas Theta (3,5 Hz a 7,5 Hz) estão associadas com sonolência, inspiração criativa, meditação, excitação, processamento sensório-motor e mecanismos de aprendizagem e memória de trabalho e memória episódica (Hondrou & Caridakis, 2012).

Gevins, Smith, McEvoy e Yu (1997) e Gevins et al. (1998) mostraram que ocorrem alterações nas ondas Theta em atividades cognitivas. Durante testes que exigiram alta demanda da memória de trabalho houve elevação na amplitude destas ondas nas regiões frontais do córtex cerebral. Klimesch (1999) demonstrou que a banda de frequência Theta responde seletivamente à codificação de novas informações na formação da memória episódica.

As ondas Alpha (7,5 Hz a 12 Hz) estão presentes durante o relaxamento com olhos fechados e são reduzidas com olhos abertos (Hondrou & Caridakis, 2012). Conforme descrito por Pfurtscheller e Aranibar (1978), a ativação cortical durante o desempenho em um teste cognitivo qualquer pode ser avaliada através das alterações observadas nas ondas Alpha. As amplitudes das ondas Alpha diminuem durante a realização de testes cognitivos, quando comparadas às amplitudes das mesmas ondas monitoradas com o sujeito em estado de descanso. Para Grabner et al. (2004), os limites inferiores das ondas Alpha ocorrem por toda região cerebral e refletem ativação cortical durante testes de demanda geral e processos de atenção. Já os limites superiores das ondas Alpha tendem a ocorrer em regiões mais localizadas em áreas corticais que demonstram papel importante em testes específicos. Um estudo realizado por Jaarsveld et al. (2015) sugere que a sincronização destas ondas é mais pronunciada nos episódios de processo de raciocínio criativo em que o processamento da informação é mais exigente e complexo, o que é corroborado por Jaušovec e Jaušovec (2000). Jahidin et al. (2014) mostraram que sujeitos menos inteligentes apresentam amplitudes mais reduzidas de ondas Alpha do que as apresentadas por sujeitos mais inteligentes durante demanda cognitiva, apesar de ocorrer diminuição de amplitude nos dois casos.

As ondas Beta (12 Hz a 30 Hz) estão associadas ao foco, concentração, alerta, agitação e ansiedade (Hondrou & Caridakis, 2012). De acordo com Desai, Tailor e Bhatt (2015), as ondas Beta ocorrem durante um estado elevado de consciência. As oscilações destas ondas ocorrem quando uma tarefa está sendo concluída, durante toda a concentração ativa.

Fernández et al. (1995) encontraram a tendência de diminuição de amplitude das ondas Beta durante o desempenho de tarefas cognitivas por quase todo o córtex, exceto nas áreas frontais, onde foi observado aumento na amplitude. Jahidin et al. (2014) mostraram que essa diminuição de amplitude pelo córtex ocorre de forma mais pronunciada em sujeitos mais inteligentes, com sujeitos menos inteligentes apresentando amplitudes mais elevadas.

As ondas Gamma (30 Hz a 100 Hz) estão associadas a estados elevados de consciência, foco e acuidade intelectual, e possuem forte presença durante a meditação (Hondrou & Caridakis, 2012). Dumenko (2012) mostrou que na última década houve um aumento significativo do interesse em estudos sobre o significado funcional das ondas Gamma e a dinâmica dos níveis de amplitude da onda em indivíduos saudáveis durante funções cognitivas. De acordo com o estudo realizado por Jokisch e Jensen (2007) a atividade na banda Gamma pode refletir o correlato neuronal das representações de memória de trabalho.

Os valores limites para as ondas elétricas cerebrais podem variar de acordo com a literatura, como em Klimesch (1999), Teplan (2002), Jensen (2006) e Blinowska e Durka (2006). Os valores universais podem ser considerados como: Delta (0,5 Hz a 4 Hz), Theta (4 Hz a 8 Hz), Alpha (8 Hz a 12 Hz), Beta (12 Hz a 30 Hz) e Gamma (30 Hz a 100 Hz). A Figura 5 mostra os padrões normais dos sinais elétricos de EEG.

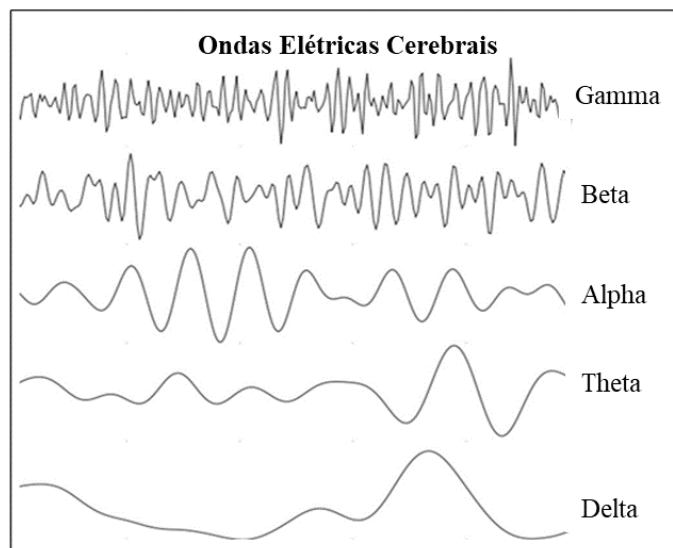


Figura 5. Padrões normais das ondas elétricas cerebrais. Observa-se a variação das ondas, a partir das ondas Gamma (de maior frequência) até as ondas Delta (de menor frequência).
Fonte: Adaptada de <https://hubpages.com/education/What-are-Brain-Waves-Theta-Delta-Alpha-Beta-brain-waves-What-is-brainwave-entrainment>.

O potencial evocado médio (*Average Evoked Potential - AEP*), é a resposta obtida após o tratamento das informações geradas pelo EEG e pode ser caracterizado pela complexidade da forma de onda, pelo tamanho dos picos de amplitude positiva e negativa e pelas latências de cada pico a partir do início do estímulo (Haier, 2006).

Existem associações entre alguns parâmetros de AEP e medidas de inteligência. Schafer (1982) apresentou que adultos normais mostraram amplitudes menores de AEP para estímulo esperado e amplitudes maiores de AEP para estímulo inesperado e que, de acordo

com o autor, indivíduos que apresentam amplitudes maiores de AEP, em média, para estímulos inesperados e amplitudes menores para estímulos esperados tendem a ter QIs mais elevados.

2.4.4 Sexo e diferenças na inteligência

O sexo do participante da pesquisa pode influenciar diretamente na relação entre eficiência neural e inteligência. Em um trabalho de Neubauer, Grabner, Fink e Neuper (2005) utilizando testes verbais, numéricos e espaciais do *Posner's Letter Matching test*, a eficiência neural durante testes verbais foi observada apenas em participantes do sexo feminino. Já nos testes cognitivos espaciais, a eficiência neural foi observada apenas nos participantes do sexo masculino. Nos dois casos a eficiência neural foi avaliada através de sincronização e dessincronização das ondas Alpha. A avaliação de QI, deste mesmo trabalho, não apontou diferenças significativas entre mulheres e homens.

Haier, Jung, Yeo, Head e Alkire (2005), mostraram diferenças entre ativações de áreas cerebrais observadas entre os dois sexos durante testes cognitivos. Considerando o córtex cerebral, nos homens a inteligência está fortemente correlacionada com as áreas dos lobos frontais e lobo parietal esquerdo. Nas mulheres há correlação com o lobo frontal direito e a área de Broca. Considerando a matéria branca (axônios), nas mulheres as correlações com a inteligência se fazem presentes nos lobos frontais e nos homens se fazem presentes nos lobos temporais. A importante revisão realizada por Neubauer e Fink (2009) confirma os resultados dos trabalhos anteriores. As áreas citadas acima podem ser verificadas na Figura 6.

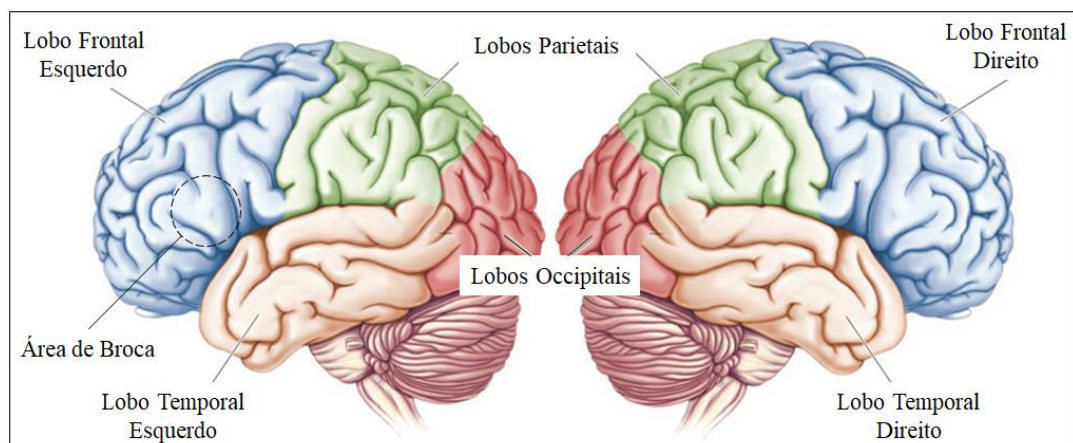


Figura 6. Áreas dos lobos cerebrais envolvidas com a inteligência.

Fonte: Adaptada de “The Structure of the Nervous System” de M. F. Bear, B. W. Connors e M. A. Paradiso, 2007, *Neuroscience: exploring the brain* (3rd ed.), Hagerstwon, MD: Lippincott Williams & Wilkins, p. 194.

O estudo realizado por Deary, Thorpe, Wilson, Starr e Whalley (2003) mostrou que existem mais homens nas duas extremidades da curva de distribuição normal de QI (retardo e

superdotação). De acordo com os autores, existem 1,4 homens para cada mulher nas faixas de 50 à 60 pontos e de 130 à 140 pontos de QI.

Estes estudos deixam claro que o sexo dos participantes deve ser considerado como uma importante variável durante a análise das correlações biológicas nas diferenças individuais em habilidades cognitivas (Grabner et al., 2004).

Outro aspecto importante a ser observado é o desenvolvimento cognitivo das crianças e adolescentes. Lynn (1994) desenvolveu a teoria desenvolvimentista que afirma que jovens de ambos os sexos amadurecem fisicamente e mentalmente em diferentes taxas e que nas mulheres ocorre uma aceleração por volta dos 8 anos de idade até a faixa dos 11 a 14 anos de idade, período em que as mulheres apresentam melhores resultados nos testes cognitivos, mostrando valores de QI mais elevados. Por volta dos 15 anos o amadurecimento das mulheres desacelera em comparação ao dos homens, que continua com a mesma intensidade até os 18 anos de idade. Portanto, na faixa dos 15 aos 18 anos de idade os homens passam a apresentar melhores resultados em testes cognitivos e valores mais elevados de QI. Estas diferenças são suportadas pelo crescimento físico e tamanho do cérebro, que, em média, é maior nos homens (Lynn, 1994).

Embora muito tenha sido aprendido sobre a base neural para habilidades cognitivas através da proliferação de estudos de neuroimagem, os resultados desses estudos fornecem um quadro um tanto desigual da base neural para a inteligência geral. Ainda há muito a ser descoberto sobre a base neural para as habilidades cognitivas específicas importantes para o desempenho em testes de inteligência. Parece que o desempenho nestes testes é determinado de forma múltipla e é improvável que seja encontrado um único substrato neural para inteligência que seja ativado de maneiras semelhantes em diversos indivíduos (Nisbett et al., 2012).

2.4.5 Superdotação

Historicamente, a identificação de superdotados tem sido inexoravelmente ligada a testes de inteligência. Durante o início do Século XX, Terman se concentrou no desenvolvimento e administração da Escala de Inteligência Stanford-Binet, com base no trabalho desenvolvido por Alfred Binet e Theodore Simon, conforme já citado neste estudo.

Terman estabeleceu uma premissa de que os indivíduos superdotados estão situados no topo, 1% da população, da escala Stanford-Binet, com uma pontuação de pelo menos 135 pontos de QI (Brown, Renzulli, Gubbins, Siegle, Zhang & Chen, 2005). Terman foi responsável por um estudo longitudinal realizado com 1.528 crianças apresentando QI médio

de 151 pontos. Tais crianças se tornaram bem ajustadas socialmente e bem-sucedidas profissionalmente. No entanto, nenhuma delas produziu avanços intelectuais amplamente reconhecidos. Concluiu-se que mesmo os QI extraordinariamente elevados não conduzem, por si só, a uma eminência criativa (Winner, 2000). Desde então, desenvolveu-se um consenso de que a superdotação não é capturada pela medida unidimensional do QI.

Stanley (1973) diferenciou os talentos matemático e verbal e demonstrou como os testes específicos de domínio (testes matemáticos e verbais) são mais precisos do que os testes de QI para distinguir os superdotados. Alguns autores, como Howard Gardner, consideraram alta habilidade em outras áreas como fator de superdotação, incluindo música, raciocínio espacial e compreensão interpessoal (Gardner, 1993). Joseph Renzulli considerou fundamental incluir nesta definição fatores relacionados também à motivação. Renzulli propôs uma definição denominada “concepção dos três anéis”. Para ele, a superdotação deveria ser analisada como resultado da interação entre três fatores (três anéis): habilidade acima da média (que envolve habilidades gerais e habilidades específicas), envolvimento com a tarefa (motivação) e criatividade (Antipoff & Campos, 2010).

Outros estudos revelaram a necessidade de uma "prática deliberada", um trabalho atento e dedicado para melhorar o desempenho. Para Ericsson, Krampe e Tesch-Romer (1993), o compromisso com a prática deliberada distingue o sujeito com altas habilidades da grande maioria das crianças e adultos que parecem ter uma dificuldade notável em atender exigências menores nas atividades escolares, atividades físicas e outras atividades. Os melhores músicos do estudo de Ericsson et al. (1993) se comprometeram em duas vezes mais horas de prática deliberada em seus instrumentos do que os músicos não tão bem-sucedidos (Winner, 2000).

Sobre as bases biológicas da superdotação, uma quantidade considerável de evidências indica que habilidades em processamento de informação estão relacionadas com alto desempenho cognitivo e postulam que diferenças individuais em inteligência são determinadas em parte por fatores genéticos e influenciadas pelo funcionamento biológico do cérebro. Pesquisadores desta área tem indicado que velocidade de transmissão neural e sináptica no trato visual, velocidade e eficiência em processos cognitivos elementares estão relacionadas com superdotação (Kranzler, Whang & Jensen, 1994).

O estudo realizado por Kranzler et al. (1994), que investigou a relação entre superdotação e processamento básico de informação durante execução de ETCs de diferentes graus de complexidade, mostrou que indivíduos superdotados e indivíduos normais não só diferem nos processos metacognitivos, mas também em termos de velocidade e eficiência em

processos cognitivos de baixa ordem, indicando que estas diferenças se devem à velocidade de processamento elementar e eficiência ao longo do processo. O estudo ainda mostra que estas diferenças em velocidade de processamento geram reflexos fundamentais nas características de memória de trabalho e de tempo de reação apresentadas por indivíduos superdotados e indivíduos normais.

Analisando-se a literatura da área, percebe-se que, além das diferenças encontradas no conceito de superdotação, também não há consenso quanto às terminologias utilizadas para designar aquele indivíduo que se destaca por apresentar desempenho superior em alguma habilidade (Antipoff & Campos, 2010).

No contexto brasileiro, a Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação define como superdotados, através da Resolução N° 4 (2 de outubro de 2009), aqueles que apresentam um potencial elevado e grande envolvimento com as áreas do conhecimento humano, isoladas ou combinadas: intelectual, liderança, psicomotora, artes e criatividade (Conselho Nacional de Educação [CNE], 2009).

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Investigar a associação entre velocidade de processamento e inteligência em sujeitos de diferentes níveis de desempenho cognitivo (alto desempenho cognitivo e desempenho cognitivo mediano).

3.2 Objetivos específicos

- a. Investigar a associação entre eficiência neural e inteligência em sujeitos de diferentes níveis de desempenho cognitivo (alto desempenho cognitivo e desempenho cognitivo mediano).
- b. Investigar as características das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma, obtidas durante aplicação de uma tarefa cognitiva elementar (ECT) em sujeitos de desempenho cognitivo mediano
- c. Investigar as características das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma, obtidas durante aplicação de uma tarefa cognitiva elementar (ECT) em sujeitos de alto desempenho cognitivo

4 Método

Para este estudo foi adotado o método transversal, do tipo associativo. Antes do estudo propriamente dito, realizou-se um estudo piloto que a seguir se descreve.

4.1 Estudo piloto

Duas crianças do sexo feminino foram avaliadas através dos testes psicométricos Matrizes Progressivas de Raven, WISC-IV e WASI para identificação da capacidade cognitiva. O critério para escolha dessas crianças partiu de uma avaliação feita em julho de 2017, pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI), em uma atividade chamada “Avaliação Cognitiva de Crianças Suspeitas de Superdotação” que identificou uma criança do sexo feminino que apresentou 142 pontos de QI. A avaliação que identificou a segunda participante, que apresentou QI mediano, ocorreu em julho de 2018. As duas participantes viviam com seus pais biológicos, estudavam em escolas particulares e pertenciam à classe média, quando os testes foram aplicados.

Para a avaliação da velocidade de processamento utilizou-se uma tarefa cognitiva elementar (ECT). Durante o desempenho nesta tarefa, as crianças foram submetidas a eletroencefalograma. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1.

Perfil da amostra do Estudo Piloto

Participante	Sexo	Idade	Escolaridade	Tipo de instituição
1	Feminino	11 anos 1 mês	5° série	Particular
2	Feminino	11 anos 3 meses	7° série	Particular

4.1.1 Resultados dos Testes Psicométricos e da ECT - Estudo piloto

Os dados obtidos através dos testes psicométricos podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2.

Resultados (brutos e em percentil) dos testes psicométricos

Participante	Raven		WASI				Nível Cognitivo
	Score	Percentil	QI Total	Percentil	QIV	QIE	
1	27	55	111	77	122	99	Mediano

Participante	Raven		WISC-IV				Nível Cognitivo		
	Score	Percentil	QI Total	Percentil	ICV	IOP		IMO	IVP
2	57	99	142	> 99	126	136	132	144	Superdotação

Nota. A Participante 1 foi avaliada em julho de 2018 através dos testes Raven e WASI (o WASI foi utilizado pela praticidade em sua aplicação) e a Participante 2 foi avaliada no segundo semestre de 2017 através dos testes Raven e WISC-IV.

Os resultados obtidos através da aplicação da ECT podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3.

Resultados de tempo de decisão obtidos através da aplicação da ECT

Participante	Nível Cognitivo	Número de eventos de Tempo de Decisão	Tempo Médio de Decisão (em seg.)	Desvio Padrão
1	Mediano	164*	1,515	0,58
2	Superdotação	165*	1,139	0,47

Nota. *A aplicação da ECT gerou, por padrão, 168 eventos de Tempo de Decisão para cada participante. Porém, quatro eventos foram descartados da Participante 1 e três eventos foram descartados da Participante 2, por erro de medição ou inconsistência nos dados de eletroencefalograma.

Os gráficos de histograma e dispersão relativos aos eventos de tempo de decisão obtidos através da aplicação da ECT são mostrados no Anexo 7.

O resultado do teste de Levene, $p > 0,05$ ($p = 0,423$), permite considerar variâncias iguais assumidas. Para este caso, o teste-t para igualdade de médias mostrou que a Participante 1 apresentou valores de tempo de decisão superiores aos apresentados pela Participante 2 ($t(327) = 6,446$; $p < 0,01$), o que indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias de QI obtidas das duas participantes.

4.1.2 Resultados de Eletroencefalograma - Estudo piloto

Os dados de eletroencefalograma relativos às ondas Delta e Theta foram descartados do estudo piloto (e, por consequência, do estudo proposto), pois as ondas Delta se manifestam durante o sono e na formação de memória episódica e as ondas Theta se manifestam majoritariamente durante estágios da memória de trabalho e de formação de memória episódica, conforme citado anteriormente. Portanto, apenas as ondas Alpha, Beta e Gamma serão consideradas nos dois estudos.

Para avaliação dos resultados de eletroencefalografia foram comparados eventos de tempo de decisão relativos às figuras estímulo número 20 (altamente estruturado) e 22 (moderadamente estruturado) da ECT. A Figura 7 mostra os estímulos 20 e 22.

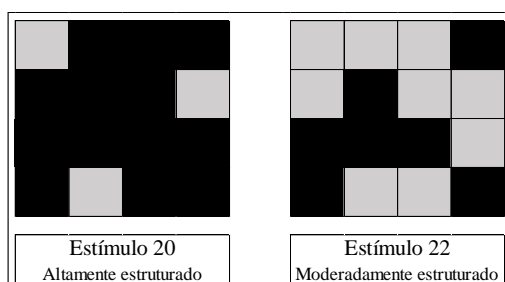


Figura 7. Figuras estímulo números 20 e 22 da ECT. Duas das vinte e quatro figuras estímulo presentes na ECT e que aparecem de forma aleatória ao longo da tarefa.

Fonte: Adaptada de “Detection of stimulus organization: Evidence of intelligence-related differences”, de S. A. Soraci Jr, M. T. Carlin, C. W. Deckner e A. A. Baumeister, 1990, *Intelligence*, 14(4), 435-447.

As diferenças entre os resultados dos tempos de decisão gerados a partir das observações destes estímulos sugerem um maior grau de dificuldade para a identificação do estímulo 22. Portanto, as comparações entre as ondas elétricas cerebrais do estudo piloto foram realizadas com os dados obtidos das observações da figura estímulo 22. A Tabela 4 mostra os resultados de tempo de decisão obtidos para as duas figuras.

Tabela 4.

Resultados de tempo de decisão relativos às figuras 20 e 22

Participante	QI	Nº Eventos Estímulo 20	T. médio de decisão Est. 20 (em seg.)	D. padrão Estímulo 20	Nº Eventos Estímulo 22	T. médio de decisão Est. 22 (em seg.)	D. padrão Estímulo 22
1	111	7	1,941	0,65	7	2,218	1,14
2	142	6	1,102	0,33	7	1,411	0,68

Nota. Ocorreram sete eventos relativos à figura estímulo 20 para a Participante 2. Porém, um dos eventos foi descartado por erro de medição e inconsistência de dado de EEG.

A Tabela 5 mostra as amplitudes médias das ondas Alpha, Beta e Gamma observadas nas duas participantes durante exposição da figura estímulo 22.

Tabela 5.

Amplitudes Médias das Ondas Elétricas Cerebrais (valores absolutos em μV)

Participante	Ondas Alpha	Ondas Beta	Ondas Gamma
1	3,57	3,28	1,24
2	3,14	3,00	1,15

As representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas Alpha, Beta e Gamma das participantes 1 e 2 podem ser observadas nos Anexo 8 e Anexo 9, respectivamente.

4.1.3 Conclusão do estudo piloto

Os resultados gerados pelo estudo piloto evidenciaram relação entre os valores resultantes dos testes psicométricos aplicados (Raven, WISC-IV e WASI) e os valores de tempo de decisão obtidos através das aplicações da ECT. A Participante 2, com 142 pontos de QI, apresentou tempo médio de decisão de 1,139 segundos, contrastando com a Participante 1, com 111 pontos de QI, que apresentou tempo médio de decisão de 1,515 segundos. A Participante 2 também apresentou tempo médio de decisão inferior ao apresentado pela Participante 1 quando comparados valores obtidos das figuras estímulo 20 e 22.

As amplitudes médias das ondas elétricas cerebrais mostraram evidências de eficiência neural relativa à Participante 2, que apresentou valores de amplitudes médias inferiores aos apresentados pela Participante 1 para as três formas de onda.

Os resultados obtidos através dos testes psicométricos e da ECT, somados aos resultados obtidos com o EEG (amplitudes das ondas elétricas cerebrais), são suportados pela literatura citada anteriormente e geraram indícios suficientes para a realização da pesquisa proposta, conduzida com um número maior de participantes, além de servir para definir a metodologia utilizada.

4.2 Participantes do estudo proposto

Para o estudo proposto foram convidadas a participar crianças com idade entre 9 e 14 anos, do sexo masculino e que apresentaram alto desempenho cognitivo ou desempenho cognitivo mediano, avaliadas através de testes psicométricos.

Como critério de escolha da amostra, todos os participantes foram selecionados dentre aqueles atendidos pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI) em uma atividade chamada “Avaliação Cognitiva de Crianças Suspeitas de Superdotação”. Esta atividade é oferecida semestralmente pelo Serviço de Psicologia Aplicada (SPA) do Departamento de Psicologia da UFMG. Todos os participantes viviam com seus pais biológicos e pertenciam à classe média, quando os testes foram aplicados.

A definição por participantes do sexo masculino se deve ao fato de que se apresentam em maior número no extremo da superdotação, como mostraram Deary et al. (2003).

O baixo número de participantes se deve à raridade da superdotação na população geral (aproximadamente 2% da população, como pode ser observado na Figura 1).

Além destes fatos, a procura pelo serviço do SPA é feita majoritariamente por pais de meninos.

Cabe ressaltar que, atendendo ao propósito do estudo, a superdotação foi definida principalmente em termos de escore de QI e percentil observados na curva de distribuição normal da inteligência. Nesse sentido, a definição de superdotação como sendo alto desempenho nas áreas de conhecimento humano, isoladas ou em conjunto, como afirma o Ministério de Educação, não foi considerada para o presente estudo.

10 crianças foram selecionadas para o estudo proposto e o perfil de cada uma pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6.

Perfil dos participantes do estudo proposto

Participante	Idade	Escolaridade	Instituição
1	13 anos 5 meses	7° ano	Pública
2	10 anos	5° ano	Particular
3	10 anos 2 meses	6° ano	Particular
4	10 anos 10 meses	5° ano	Particular
5	9 anos 5 meses	4° ano	Particular
6	9 anos 11 meses	4° ano	Particular
7	9 anos 10 meses	4° ano	Particular
8	14 anos 2 meses	7° ano	Pública
9	10 anos 2 meses	4° ano	Particular
10	9 anos 10 meses	4° ano	Particular

Os pais das crianças autorizaram suas participações através dos TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), tanto para aplicação dos testes psicométricos quanto para aplicação da ECT com eletroencefalograma. Os TCLE podem ser verificados nos Anexo 1 Anexo 2.

Esta pesquisa foi devidamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP), com CAAE número 73522717.2.0000.5149 (Anexo 3).

A FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) financiou a pesquisa através de bolsa modalidade PAPG.

4.3 Instrumentos

- Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral (Raven, 2008)

É uma medida de inteligência não verbal, que avalia mais especificamente o fator “g”, e desta forma a inteligência fluida, de forma a reduzir a contaminação do conhecimento cultural e variado dos participantes testados.

Os cadernos do teste contêm uma série de matrizes ou desenhos nos quais falta uma parte. Na parte inferior da página, há uma série de seis ou oito alternativas que completa logicamente o conjunto. O teste é dividido em séries que estão ordenadas em dificuldade crescente. Cada série apresenta um problema introdutório de solução clara e estes vão ficando mais complexos a cada novo item. A Escala Geral é formada por 60 problemas divididos em cinco séries com 12 problemas cada um (A, B, C, D, E). A pontuação total corresponde ao número de acertos em todas as séries, sendo os escores brutos transformados em percentil para fins de comparação. Várias abordagens de diferentes pesquisadores mostram que as

Matrizes Progressivas de Raven medem processos que são fundamentais para a inteligência fluida (Carpenter, Just & Shell, 1990).

Para esta pesquisa utilizou-se as normas para Belo Horizonte reportados por Flores-Mendoza, Widaman, Bacelar e Lelé (2014) em uma investigação realizada com 1.956 indivíduos, com idade variando de 7 anos a 65 anos, no estado de Minas Gerais. Tal investigação reuniu matrizes de dados de três projetos realizados durante os anos de 2006 a 2009 pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais – LADI UFMG. O índice de consistência interna do Raven, calculado pelo alfa de Cronbach, foi de 0,91. Este resultado indica elevada precisão do instrumento.

- Escala Wechsler de Inteligência para Crianças (WISC-IV) (Wechsler, 2002)

O WISC-IV foi utilizado para avaliação cognitiva dos participantes e divisão dos grupos. Esta escala reflete uma tentativa de alinhamento com as teorias modernas descritas principalmente por Cattell e Carroll e é capaz de medir inteligência cristalizada (gc), processamento visual (gv), inteligência fluida (gf), capacidade de memória de curto prazo (gy) e a capacidade de velocidade de processamento (gt) (Keith, Fine, Taub, Reynolds, & Kranzler, 2006).

Esta escala foi validada para o Brasil por Rueda, Noronha, Sisto, Santos e Castro (2012) através de estudos realizados com 1.054 crianças e adolescentes, com idades variando de 6 anos a 16 anos, dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Os dados foram coletados em 2010.

Para estudar a estrutura interna do WISC-IV foram considerados os 15 subtestes que compõem o instrumento, todos submetidos à análise fatorial. Foi possível identificar que a estrutura fatorial apresentada na versão original do WISC-IV foi mantida (Rueda et al., 2012).

- Escala Wechsler Abreviada de Inteligência (WASI) (The Psychological Corporation, 1999)

O WASI, também utilizado para avaliação cognitiva dos participantes e divisão dos grupos, é um instrumento breve de avaliação da inteligência desenvolvido de acordo com os preceitos de David Wechsler, e suas Escalas Wechsler, com o propósito de fornecer uma medida rápida e confiável da inteligência. O WASI pode ser aplicado em crianças de 6 anos a idosos de 89 anos de idade, contemplando uma ampla faixa etária. Sendo da mesma família do WISC, o WASI compreende quatro subtestes – Vocabulário, Cubos, Semelhanças e Raciocínio Matricial – que fornecem os QIs Total (QIT-4), Verbal (QIV) e de Execução

(QIE). Estes subtestes são semelhantes em formato aos equivalentes WISC-III, WISC-IV e WAIS-III, e são os que possuem as cargas mais altas em g e ainda permitem obter uma estimativa da capacidade intelectual geral (QIT-2) (Trentini, Yates, & Heck, 2014a).

A normatização do WASI, para a população brasileira, se deu entre os anos de 2009 e 2010 e sua fidedignidade foi avaliada por três métodos: concordância interavaliadores, consistência interna e estabilidade teste-reteste. Considera-se que os resultados atestam a fidedignidade da WASI, que se mostra como uma escala estável e confiável (Trentini, Yates, & Heck, 2014b).

- **Tarefa Cognitiva Elementar (elementary cognitive task - ECT)** (Detterman, Mayer, Caruso, Legree, Conners, & Taylor, 1992)

A ECT utilizada, de discriminação perceptual, é capaz de avaliar processamento cognitivo básico e faz parte de uma bateria de 12 testes de avaliação cognitiva desenvolvida por Detterman, Mayer, Caruso, Legree, Conners e Taylor (1992) e adaptada por Flores-Mendoza (1999). Esta ECT é capaz de avaliar o tempo de reação para tomada de decisão (TRTD), que, conforme citado no item 2.3.2, é um dos subcomponentes da estrutura da velocidade de processamento e pode representar uma das diferenças individuais em inteligência. A aplicação desta ECT foi monitorada através de eletroencefalograma em todos os participantes, o que permitiu a coleta de dados sobre as ondas elétricas cerebrais geradas durante os estímulos contidos na tarefa. O termo ‘tempo de reação para tomada de decisão’ (TRTD) será abreviado para ‘tempo de decisão’ (TD) no restante deste trabalho.

A ECT foi desenvolvida na linguagem de programação Delphi e foi aplicada através de um computador com sistema operacional Linux e com a utilização obrigatória de um mouse específico diretamente conectado ao computador e ao equipamento de EEG. A tarefa deve ser executada da seguinte forma (verificar a Figura 8 para melhor entendimento):

1. O participante deve pressionar o botão “Início”, utilizando o botão esquerdo do mouse e o manter pressionado (verificar a Figura 8 para melhor entendimento).
2. Quando o botão “Início” é pressionado, uma primeira figura estímulo aleatória (estímulo controle), dentre vinte e quatro figuras estímulo possíveis, aparece na tela do computador. Ao mesmo tempo, um conjunto contendo sete figuras também aparece na tela. Este conjunto apresenta a figura estímulo controle e outras seis figuras aleatórias, alinhadas na horizontal, em posições também aleatórias e abaixo da primeira figura estímulo (verificar a Figura 8 para melhor entendimento).
3. Ainda mantendo o botão “Início” pressionado, o participante deve localizar no

conjunto de sete figuras a figura estímulo controle (que aparece isoladamente), soltar o botão “Início”, movimentar o mouse até a figura identificada no conjunto e pressioná-la utilizando o botão esquerdo do mouse (verificar a Figura 8 para melhor entendimento).

Este ciclo se repete, e a ECT se prolonga, até que o participante identifique a figura estímulo controle por 168 vezes, independente de quantos erros sejam cometidos pelo participante (os erros são desconsiderados). Um relatório completo é exibido após o término da tarefa, mostrando os acertos, os erros, tempo de decisão para cada figura estímulo e o tempo médio de decisão. Outras informações sobre as características das figuras também podem ser verificadas.

É importante entender que o tempo em que o participante mantém o botão “Início” pressionado, do surgimento da figura estímulo controle até que esta figura seja identificada no conjunto de 7 figuras (verificar a Figura 8 para melhor entendimento), caracteriza o tempo de decisão (TD) que foi utilizado para os estudos das associações entre velocidade de processamento e inteligência. O mouse, previamente conectado ao equipamento EEG, gerou o sinal referência para identificação de cada um dos 168 eventos de TD nos dados coletados de EEG, permitindo a avaliação das características das ondas elétricas cerebrais geradas durante eventos de TD. A interface da ECT pode ser verificada através da Figura 8.

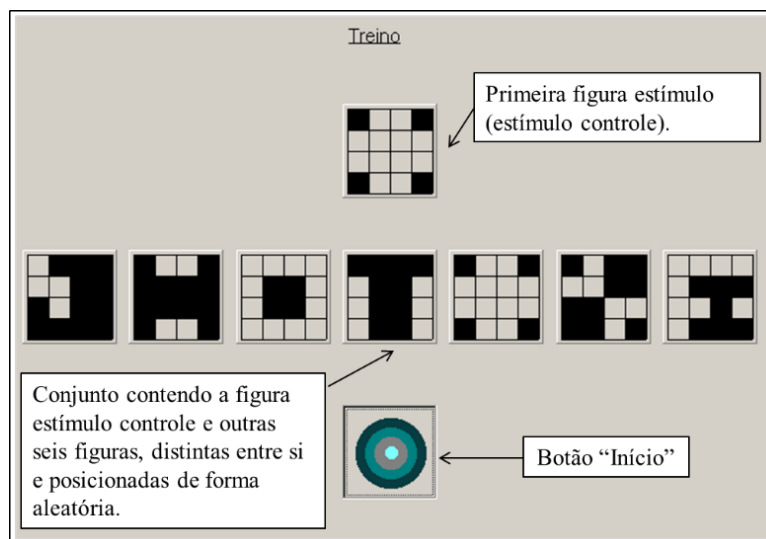


Figura 8. Interface da tarefa cognitiva elementar utilizada, no formato como é apresentada na tela do computador.

Fonte: Adaptada de print da tela do notebook durante execução da ECT.

As 24 figuras estímulo existentes na ECT podem ser verificadas no Anexo 4.

Se faz importante compreender as estruturas das figuras estímulo, que serão detalhadas a seguir.

O estudo realizado por Soraci, Carlin, Deckner e Baumeister (1990), que utilizou os mesmos tipos de estímulos, mostrou que os participantes se comportam de forma semelhante ou de forma distinta, dependendo da estrutura do estímulo. Para a compreensão da análise das estruturas dos estímulos é necessário esclarecer os conceitos de Simetria e Adjacência, utilizados pelos autores.

- Simetria: Correspondência em forma e posição relativa a qualquer eixo horizontal, vertical, diagonal esquerdo ou diagonal direito.
- Adjacência: Células preenchidas de forma contígua. Se duas ou mais células compartilham um lado em comum, a adjacência será retilínea. Se duas ou mais células compartilham um ângulo em comum, a adjacência será diagonal.

Desta forma, o estímulo será altamente estruturado se apresentar alta simetria e alta adjacência. O estímulo será moderadamente estruturado se apresentar alta simetria e baixa adjacência, ou vice-versa. O estímulo será levemente estruturado se apresentar baixa simetria e baixa adjacência.

Soraci et al. (1990) propuseram que a existência de simetria receberia o valor de “1” ponto. A inexistência de simetria gerava “0” ponto. Com relação à adjacência, aplicava-se a seguinte fórmula:

$$\text{Coeficiente de adjacência} = [(\# \text{ adjacência retilínea}) + \frac{1}{2} (\# \text{ adjacência diagonal}) / \# \text{ células preenchidas}]$$

Através desta fórmula os autores consideraram que os estímulos altamente estruturados seriam aqueles que apresentariam pontuação superior a “2” pontos (soma da simetria e do coeficiente de adjacência). Os estímulos moderadamente estruturados receberiam pontuação entre “0,5” e “2” pontos. Os estímulos levemente estruturados receberiam entre “0” e “0,5” ponto. A classificação dos estímulos pode ser verificada no Anexo 5.

A figura estímulo 22, que recebeu a menor pontuação (0,85 ponto) e foi classificada como moderadamente estruturada, foi definida como parâmetro para avaliação dos resultados de eletroencefalograma por apresentar maior grau de dificuldade para identificação (assunto abordado no estudo piloto). Este estímulo pode ser verificado na Figura 9.

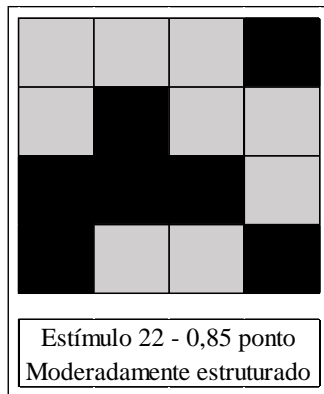


Figura 9. Figura estímulo 22. Recebeu a menor pontuação e foi classificada como moderadamente estruturada.

Fonte: Adaptada de “Detection of stimulus organization: Evidence of intelligence-related differences”, de S. A. Soraci Jr, M. T. Carlin, C. W. Deckner e A. A. Baumeister, 1990, *Intelligence*, 14(4), 435-447.

- Equipamento Eletroencefalograma

Foi utilizado equipamento do modelo BWII EEG, produzido pela Neurovirtual, que serviu para coleta dos dados relativos às ondas elétricas cerebrais geradas durante a aplicação da ECT em cada participante. O equipamento foi cedido pelo CEFALA (Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música – Laboratório do programa de Pós-Graduação da Engenharia Elétrica – UFMG), onde foram realizadas todas as coletas.

O instrumento, que é certificado pelo Inmetro, possui as características técnicas mostradas na Tabela 7.

Tabela 7.

Características técnicas do BWII EEG produzido pela Neurovirtual

Conversor Analógico / Digital		Entrada e Amplificação	
Características	Valores	Características	Valores
Resolução	12 Bits	Storage Rate	200 Hz
Tempo de Conversão	15 μ S, por aproximação sucessiva	Canais AC	Até 32 Canais
Fluxo de Dados	Micriprocessado	Sensibilidade	1 μ V à 500 μ V
Sampling Rate	1.000 Hz	Filtro de Baixa	0,16 Hz à 10 Hz
		Filtro de Alta	15 Hz à 100 Hz
		Faixa de Frequência	0,16 Hz à 100 Hz
		Impedância de Entrada	> 50 M

Nota. Características do EEG. Fonte: Neurovirtual (2009). *Manual do Usuário BWII EEG PSG* (Ed. rev.).

Para a coleta de dados, durante a execução da ECT, foi utilizado o Sistema Internacional 10-20, que apresenta o padrão para posicionamento dos eletrodos no escalpo criado pelo comitê da *International Federation of Societies for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, em 1958. Possui o nome 10-20 porque os eletrodos são posicionados a 10% e 20% de distâncias entre marcas anatômicas bem definidas: distância nasion-inion e distância interauricular.

Este sistema permite coletar informações de 19 pontos localizados ao longo do escalpo, além dos pontos de referência, eletro-oculograma (EOG) e aterramento, o que permite a coleta de dados de todas as regiões do córtex cerebral. (Ferreira, Oliveira & Bonavides, 2010). A Figura 10 ilustra o Sistema Internacional 10-20.

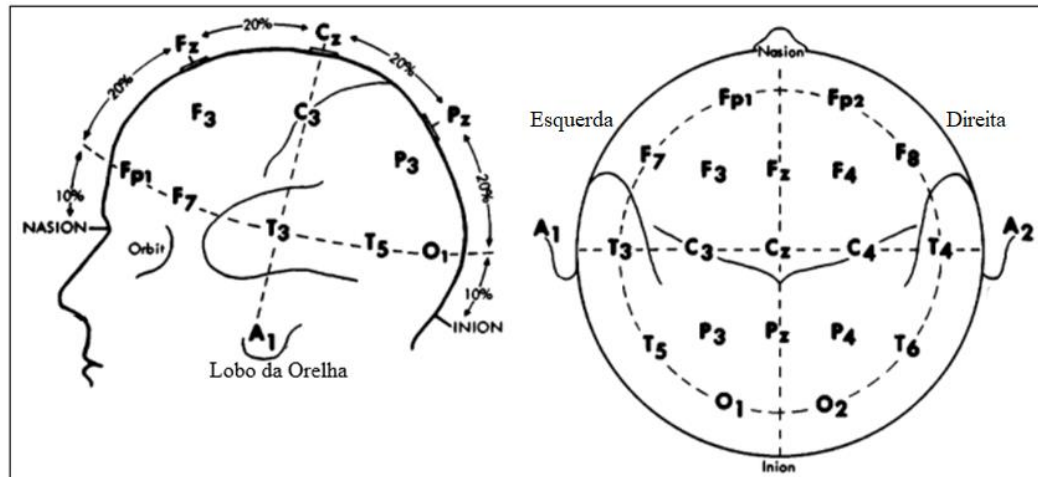


Figura 10. Sistema Internacional 10-20, com a distribuição dos eletrodos.

Fonte: Adaptada de “Manual do Técnico em EEG”, de L. S. Ferreira, P. A. L. Oliveira e A. S. Bonavides, Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

A touca de eletroencefalografia, usada para correto posicionamento dos eletrodos, pertence ao modelo MSCcap-26 produzido pela *Medical Computer Systems Ltd.* e atende às especificações do Sistema Internacional 10-20, além de ser compatível com o equipamento da Neurovirtual.

Os eletrodos utilizados são do tipo Ag/AgCl passivos, produzidos pela *Medical Computer Systems Ltd.*, e necessitam de gel condutor apropriado. Este tipo específico de eletrodo não entra em contato com o couro cabeludo, o que torna imprescindível a utilização do gel, que serve como contato entre as duas partes.

Como ponto de referência para os eletrodos foi utilizado o ponto A2 (lóbulo da orelha direita). Para o eletro-oculograma (EOG), e posterior eliminação de artefatos relativos aos movimentos oculares, foi utilizado o ponto médio entre a sobrancelha direita e eletrodo Fp2. O Anexo 6 mostra o equipamento EEG, a touca e os eletrodos utilizados no estudo.

- Tratamento dos dados EEG

Os sinais EEG podem ser analisados no domínio do tempo ou da frequência, e um ou vários canais podem ser analisados de cada vez. Os métodos aplicados envolvem análise espectral por modelos de Transformada de Fourier (FT), autorregressivos (AR) ou médios móveis autorregressivos (ARMA), filtros de Kalman e métodos de tempo-frequência e escala

de tempo (distribuições de Wigner, wavelets). Os métodos mais comuns usados para pós-processamento incluem análise de cluster, análise discriminante (Blinowska & Durka, 2006).

Para tratamento dos dados coletados foi utilizado o *Brainstorm*, que é uma ferramenta de código aberto baseado no MatLab e dedicada à visualização e processamento de dados de magnetoencefalografia (MEG) e eletroencefalografia (EEG), com ênfase nas técnicas de estimativa de fonte cortical e sua integração com dados de ressonância magnética (MRI) (Tadel, Baillet, Mosher, Pantazis & Leahy, 2011). Através da ferramenta foram identificados os Tempos de decisão relativos aos estímulos, gerados pela ECT, nos dados contínuos coletados através do EEG. Também serviu para eliminar ruídos externos e artefatos originados durante as coletas.

O *Brainstorm*, delineado por pesquisadores da *University of Southern California* (USC), está documentado e disponível gratuitamente para download on-line sob licença pública geral (acesso: <https://neuroimage.usc.edu/brainstorm/Introduction>).

Conforme citado no estudo piloto, os dados de eletroencefalograma relativos às ondas Delta e Theta foram descartados deste estudo. Foram consideradas para avaliações apenas as ondas Alpha, Beta e Gamma.

- Tratamento dos dados estatísticos

As análises estatísticas comparando os QI dos participantes (obtidos através dos testes psicométricos) e os valores de TD (obtidos através da aplicação da ECT) foram realizadas através do teste t-Student, que compara médias entre dois grupos independentes e que obedecem à curva normal de distribuição. Todas as análises estatísticas, assim como as representações gráficas, foram realizadas através do software estatístico *IBM SPSS Statistics*, versão 22.

- Outros instrumentos

Os dados foram coletados em dois notebooks. Um notebook *DELL Ultrabook Vostro 5470*, cedido pelo CEFALA, foi utilizado para executar e coletar os dados da ECT e outro notebook *DELL Inspiron 3450* foi utilizado para coletar e tratar os dados do EEG e para realizar as análises estatísticas. Os dois notebooks atenderam à Norma IEC 60950, conforme recomendado pela Neurovirtual (fabricante do EEG).

- Ambiente

Os testes psicométricos Raven, WISC-IV e WASI foram aplicados no LADI e/ou

SPA, ambos na Fafich (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas – UFMG), por psicóloga vinculada ao LADI.

A ECT foi aplicada em sala reservada do CEFALA (Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música – Laboratório do Programa de Pós-Graduação da Engenharia Elétrica – UFMG), com isolamento acústico e preparada para minimizar qualquer estímulo externo (ruído, luz, cheiro) que pudesse desviar a atenção do participante e impactar negativamente na execução da tarefa e na coleta de EEG. O Anexo 21 retrata o ambiente durante uma aplicação da ECT.

4.4. Procedimento

Primeiramente, o presente trabalho foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP), sendo aprovado em setembro de 2017. Uma vez aprovado, iniciou-se o contato com os pais das crianças com suspeita de superdotação atendidas pelo Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI) em avaliações feitas durante os anos de 2017 e 2018.

Antes do início das atividades os responsáveis pelos participantes foram informados quanto ao caráter voluntário da pesquisa e que todos os dados obtidos seriam tratados com sigilo, de acordo com o protocolo exigido pelo COEP. Os responsáveis pelos participantes assinaram os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para aplicação dos testes psicométricos e aplicação da ECT com coleta de EEG.

A pesquisa, propriamente dita, foi composta por três fases distintas:

Fase 1:

Seleção dos participantes através das aplicações das Matrizes Progressivas de Raven, WISC-IV e WASI. Três dos dez participantes foram selecionados através de resultados do Raven e WISC-IV aplicados no segundo semestre de 2017. Os demais foram selecionados em aplicações do Raven e WASI realizadas durante os meses de junho, julho e agosto de 2018.

A opção pelo WASI (versão curta do WISC-IV), aplicado aos participantes selecionados em 2018, foi relacionada a limitação de tempo daqueles para realizar todas as atividades do projeto. Todos os testes psicométricos foram aplicados e avaliados por psicólogas vinculadas ao LADI, com acompanhamento do autor do estudo.

Fase 2:

Aplicação da tarefa cognitiva elementar (ECT) nos participantes selecionados para os dois grupos. Durante esta atividade foram coletados dados de eletroencefalograma para avaliação da ativação neural resultante da execução da ECT.

As aplicações da ECT e coletas de dados EEG obedeceram ao seguinte procedimento:

1. Realização de quatro testes com a ECT, com cinco eventos cada, para que o participante conhecesse a tarefa.
2. Preparação da touca de EEG no participante e colocação dos respectivos eletrodos.
3. Posicionamento do participante na cadeira de modo que ele ficasse o mais confortável possível, mas da forma adequada para a realização da tarefa.
4. Instrução para que o participante se mexesse o mínimo possível e não falasse durante a tarefa, para gerar o mínimo de artefatos possível.
5. Realização de quatro testes com a ECT, com cinco eventos cada, para que o participante se adaptasse à touca, à sua posição na cadeira e à tarefa.
6. Realização da tarefa com coleta EEG, garantindo os 168 eventos necessários.

Todas as atividades foram realizadas durante os meses de julho, agosto e setembro de 2018.

As ECTs foram aplicadas pelo autor do estudo, com acompanhamento de psicóloga vinculada ao LADI.

Fase 3:

Composta pelo tratamento e análise dos dados estatísticos obtidos através da aplicação das Matrizes Progressivas de Raven, WISC-IV, WASI e da tarefa cognitiva elementar (ECT), além do tratamento dos dados de eletroencefalograma. Ocorreu em paralelo à fase 2, à medida em que a ECT foi aplicada.

Ao final desta fase ocorreram as devolutivas com os pais dos participantes, realizadas por Psicóloga vinculada ao LADI.

Esta dissertação foi padronizada nos moldes da APA (*American Psychological Association*) de acordo com Almeida (2016).

5 Resultados e Discussão

5.1 Análises das aplicações dos testes psicométricos Raven, WISC-IV e WASI

Os resultados obtidos através das aplicações das Matrizes Progressivas de Raven podem ser verificados na Tabela 8.

Tabela 8.

Resultados (brutos e em percentil) do teste Raven – Escala geral

Participante	Idade	Pontuação	Percentil
1	13 anos 5 meses	55	99
2	10 anos	47	99
3	10 anos 2 meses	46	99
4	10 anos 10 meses	40	85
5	9 anos 5 meses	44	99
6	9 anos 11 meses	53	99
7	9 anos 10 meses	15	20
8	14 anos 2 meses	40	85
9	10 anos 2 meses	47	99
10	9 anos 10 meses	41	99

Carpenter et al. (1990) mostraram que este teste é capaz de medir processos que são fundamentais para a inteligência fluida, que se correlaciona com a velocidade de processamento através de suas bases biológicas, como mostram Andrés-Pueyo (2006) e Jensen (2006).

Os resultados obtidos através das Matrizes Progressivas de Raven não permitiram, por si só, a caracterização definitiva dos grupos da pesquisa. A explicação pode estar no fato que o ensino da matemática, começando cada vez mais cedo nas escolas, passou por modificações. De inicialmente voltado para a contagem ou operações aritméticas passou a utilizar formas visuais de objetos e figuras geométricas, o que valorizou o raciocínio abstrato e talvez explique parte dos ganhos nos escores das Matrizes Progressivas de Raven (Schelini, Almeida & Primi, 2013).

Contudo, os resultados mostraram indícios da existência de participantes com desempenho cognitivo mediano e participantes com alto desempenho cognitivo.

Os resultados obtidos através das aplicações do WISC-IV e WASI podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9.

Resultados (brutos e em percentil) dos testes WISC-IV e WASI

Participante	Idade	WISC-IV						WASI			
		QI Total	Percentil	ICV	IOP	IMO	IVP	QI Total	Percentil	QIV	QIE
1	13 anos e 5 m.	132	98	138	116	128	115				
2	10 anos	125	95	128	128	118	92				
3	10 anos e 2 m.	133	99	130	126	132	108				
4	10 anos e 10 m.							126	96	126	120
5	9 anos e 5 m.							128	97	124	127
6	9 anos e 11 m.							107	68	110	101
7	9 anos e 10 m.							100	50	98	103
8	14 anos e 2 m.							106	66	105	106
9	10 anos e 2 m.							120	91	105	130
10	9 anos e 10 m.							128	97	119	130

Nota. Os participantes 1, 2 e 3 fizeram o teste WISC-IV no segundo semestre de 2017. Os demais participantes fizeram o teste WASI nos meses de junho, julho e agosto de 2018.

As Escalas Wechsler de inteligência apresentam o quociente de inteligência (QI) e medem tanto a inteligência fluida, assim como o Raven, quanto a inteligência cristalizada (detalhadas na introdução).

As análises dos resultados obtidos a partir das aplicações dos testes Raven, WISC-IV e WASI permitiram a divisão dos grupos da seguinte forma:

- Grupo 1, composto por quatro crianças que apresentaram desempenho cognitivo mediano ($100 \leq \text{QI} \leq 120$, faixa composta por 38,66% da população geral).
- Grupo 2, composto por seis crianças que apresentaram alto desempenho cognitivo ou superdotação ($\text{QI} \geq 125$, faixa composta por 6,81% da população geral).

As características dos grupos podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10.

Perfil dos grupos divididos por faixas de QI

Grupo 1				Grupo 2			
Desempenho Cognitivo Mediano ($100 \leq \text{QI} \leq 120$)				Alto Desempenho Cognitivo ($\text{QI} \geq 125$)			
Participante	Idade	QI Total	Percentil	Participante	Idade	QI Total	Percentil
1	9 anos 11 meses	107	68	1	13 anos 5 meses	132	98
2	9 anos 10 meses	100	50	2	10 anos	125	95
3	14 anos 2 meses	106	66	3	10 anos 2 meses	133	99
4	10 anos 2 meses	120	91	4	10 anos 10 meses	126	96
				5	9 anos 5 meses	128	97
				6	9 anos 10 meses	128	97
QI Médio				QI Médio			
108				129			

Pode ser observado que o participante 4 do Grupo 1 apresentou QI superior aos apresentados pelos demais participantes do grupo, porém abaixo dos apresentados pelo Grupo 2.

Também pode ser observado que os resultados obtidos através do teste de Raven não foram totalmente condizentes com resultados obtidos através do WISC-IV e WASI, com dois dos participantes do grupo de desempenho cognitivo mediano (participantes 1 e 4) apresentando melhores escores no Raven do que alguns dos participantes do grupo de alto desempenho cognitivo. Entre os motivos poderiam estar os ganhos obtidos pelas crianças com novos estímulos observados no ensino da matemática, citado anteriormente, e as diferenças individuais em aspectos da inteligência que poderiam existir entre os participantes.

As estatísticas de grupo podem ser observadas na Tabela 11.

Tabela 11.

Estatísticas de grupo para a variável QI

	Grupos	N	Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média
QI	1	4	108	8,42	4,21
	2	6	129	3,20	1,31

O resultado do teste de Levene, $p > 0,05$ ($p = 0,157$), permite considerar variâncias iguais assumidas. Para este caso, o teste-t para igualdade de médias mostrou que os participantes do Grupo 1 apresentaram valores de QI inferiores aos apresentados pelos participantes do Grupo 2 ($t(8) = -5,505$; $p < 0,001$). Este resultado indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias de QI obtidas dos dois grupos.

5.2 Análise da aplicação da ECT

Um dos elementos que compõem a estrutura da velocidade de processamento é o tempo de reação (TR). Demonstrou-se, nas últimas décadas do Século XX, que TR para estímulos de complexidade variável tem uma relação linear direta com a quantidade de informação transmitida (Jensen & Munro, 1979). Com o aumento do número de alternativas e o conseqüente aumento na complexidade do estímulo, o tempo de reação pode ser desmembrado em tempo de reação simples, tempo de reação de escolha e tempo de reação para tomada de decisão (TRTD) (Colom & Flores-Mendoza, 2006a).

Neubauer et al. (2002) mostraram evidências de uma moderada, porém consistente correlação negativa entre TR em várias tarefas cognitivas elementares e inteligência.

As aplicações da ECT geraram os valores de tempo médio de decisão que podem ser observados por indivíduo e por grupo, na Tabela 12.

Tabela 12.

Valores médios de TD obtidos através da tarefa cognitiva elementar - ECT

Grupo 1					Grupo 2				
Desempenho Cognitivo Mediano					Alto Desempenho Cognitivo				
Participante	QI	Nº eventos de T. de Decisão	T. Médio de Decisão (em seg.)	Desvio padrão	Participante	QI	Nº eventos de T. de Decisão	T. Médio de Decisão (em seg.)	Desvio padrão
1	107	164	1,286	0,55	1	132	165	1,108	0,44
2	100	164	1,891	1,16	2	125	164	1,019	0,28
3	106	165	1,297	0,51	3	133	164	1,296	0,65
4	120	166	1,369	0,58	4	126	163	1,180	0,83
					5	128	162	1,029	0,37
					6	128	164	1,659	0,54
Nº de eventos de T.D.			T. Médio de Decisão (seg.)	Desvio Padrão	Nº total de eventos de T.D.			T. Médio de Decisão (seg.)	Desvio padrão
659			1,461	0,79	982			1,215	0,59

Nota. As aplicações da ECT geraram 168 eventos de tempo de decisão para cada participante. Ao todo, 39 eventos foram descartados por erro de medição ou inconsistência de dados de EEG.

Pode-se observar que as diferenças obtidas nos valores de tempo médio de decisão entre os grupos, além dos respectivos valores de desvio padrão, são suportadas por Deary (2001), que mostrou que sujeitos que apresentam alta pontuação em testes de inteligência têm, em média, TR menor e menos variável.

Com relação a estes resultados cabe salientar que o participante 4 do grupo 1, que obteve 120 pontos de QI (valor bem acima da média do grupo), obteve o terceiro menor tempo médio de decisão de seu grupo (1,369 seg.) e que o participante 6 do grupo 2, que obteve 128 pontos de QI (valor próximo do limite para superdotação), apresentou o segundo maior tempo médio de decisão considerando todos os participantes (1,659 seg.). As razões para estes resultados podem estar nas diferenças individuais em inteligência e, até mesmo, em questões comportamentais.

Os valores de TD (TRTD abreviado) obtidos com a aplicação da ECT foram utilizados para as comparações estatísticas entre os grupos. As estatísticas de grupo podem ser observadas nas Tabela 13.

Tabela 13 .

Estatísticas de grupo para a variável Tempo de Decisão

	Grupos	N	Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média
Tempo de Decisão	1	659	1,461	0,79	0,030
	2	982	1,215	0,59	0,019

O resultado do teste de Levene, $p < 0,05$ ($p = 0,005$), permite considerar que não existe igualdade de variâncias. Para este caso, o teste-t para igualdade de médias mostrou que os participantes do Grupo 1 apresentaram valores de tempo de decisão superiores aos apresentados pelos participantes do Grupo 2 ($t(1139,922) = 6,797$; $p < 0,001$). Este resultado

indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de decisão obtidas dos dois grupos.

As representações gráficas das distribuições dos valores de tempo de decisão dos Grupos 1 e 2, em forma de histograma, podem ser observadas nas Figura 11 e Figura 12, respectivamente.

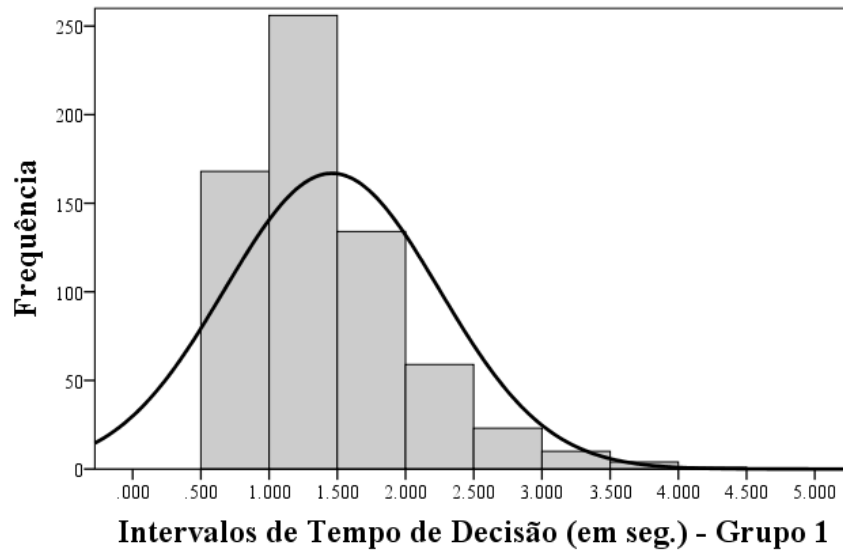


Figura 11. Histograma com curva de distribuição normal para os valores de TD obtidos do Grupo 1.

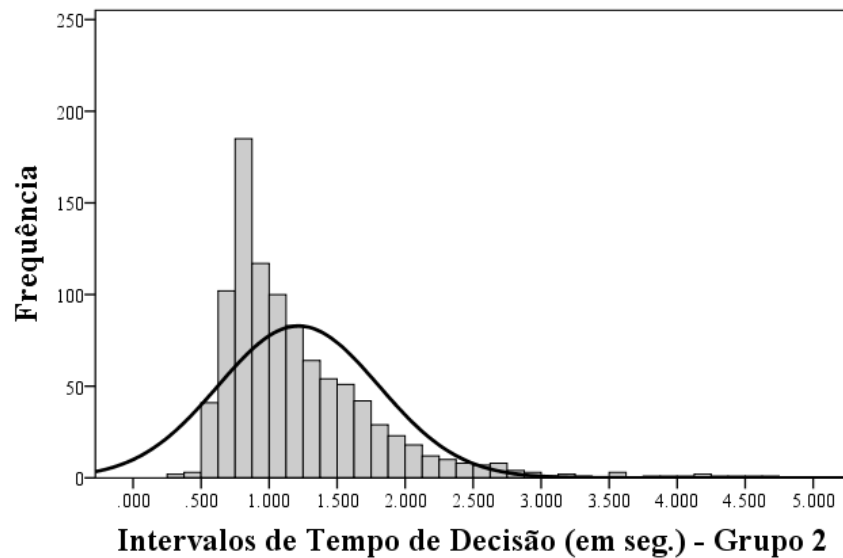


Figura 12. Histograma com curva de distribuição normal para os valores de TD obtidos do Grupo 2.

As normalidades observadas nas distribuições dos valores de TD dos dois grupos corroboraram o uso do teste-t para as análises estatísticas relativas às comparações entre os dois grupos.

As representações gráficas de dispersão dos valores de TD obtidos para os participantes do Grupo 1 podem ser observadas na Figura 13.

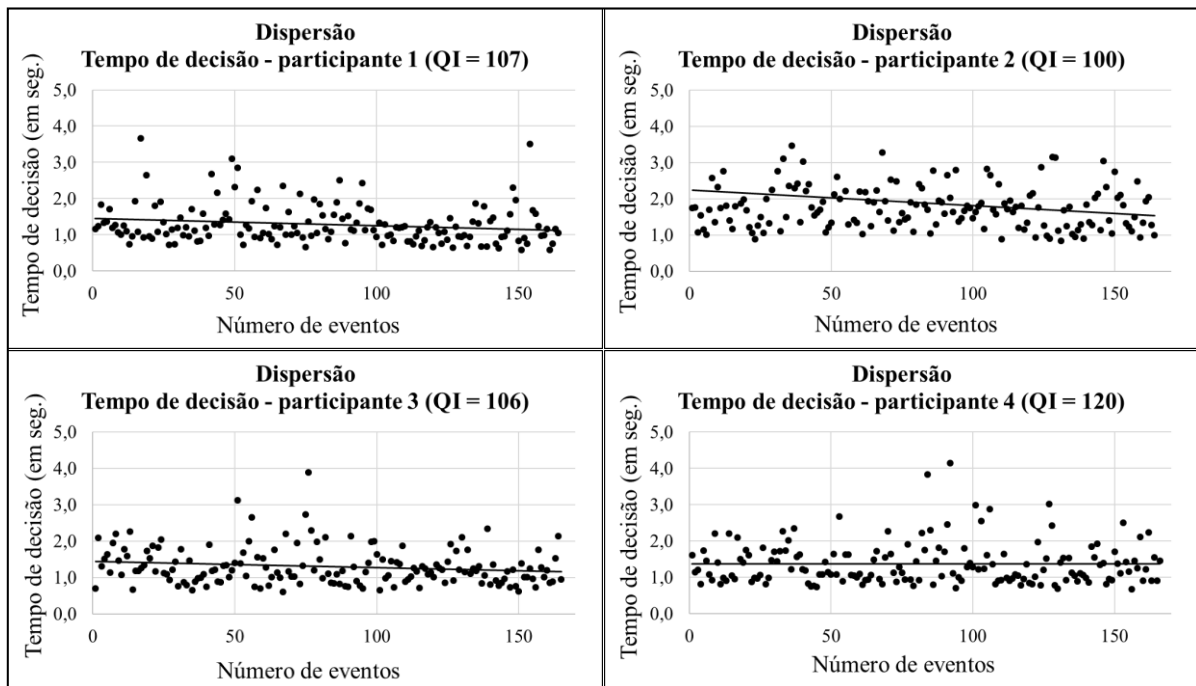


Figura 13. Dispersões dos valores de TD obtidos dos participantes do Grupo 1.

Pode ser observado, através das linhas de tendência, que os participantes 1, 2 e 3 apresentaram o chamado “efeito de aprendizagem”. Ou seja, seus valores de tempo de decisão diminuiriam ao longo da atividade.

Também cabe registrar a semelhança entre as linhas de tendência dos participantes 1 e 3, que obtiveram valores de QI bastante próximos, e que o participante 2, que obteve a menor pontuação de QI, apresentou os tempos de decisão mais elevados do grupo.

As representações gráficas de dispersão dos valores de TD obtidos para os participantes do Grupo 2 podem ser observadas na Figura 14.

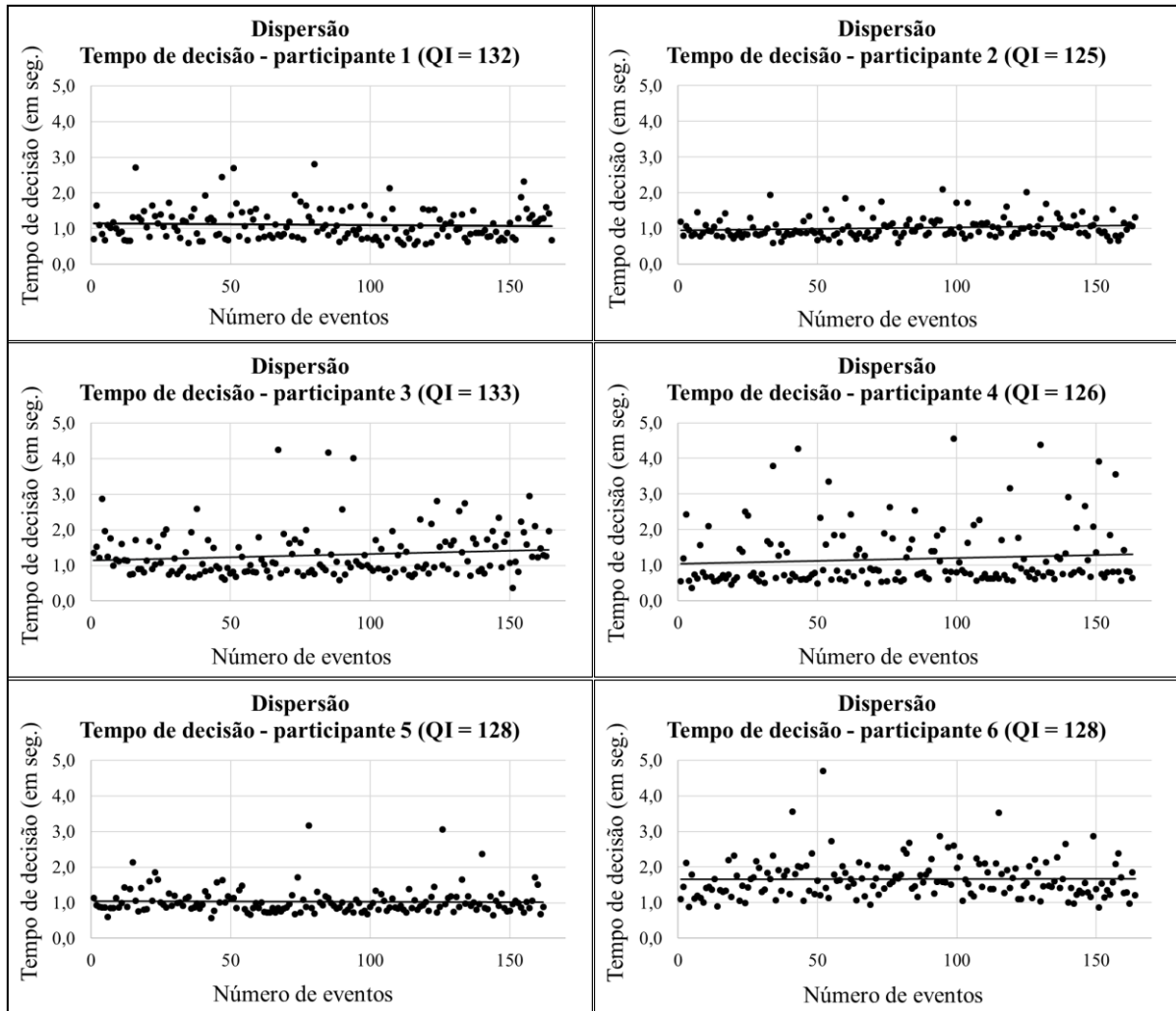


Figura 14. Gráfico de dispersão dos valores de TD obtidos do Grupo 2.

Em contraste com o observado nos gráficos de dispersão do Grupo 1, percebe-se que apenas o participante 1 apresentou um discreto “efeito de aprendizagem”, demonstrado por sua linha de tendência. Os participantes 2, 3 e 4 apresentaram linhas de tendência que apontam para elevação dos valores de tempo de decisão ao longo da atividade. Este fato pode ser explicado pela desmotivação ao longo da tarefa, já que esta não representou desafio para este grupo, o que foi relatado pelos próprios. Também pode ser observado que o participante 6, com pontuação de QI no limiar da superdotação, apresentou os valores de tempo de decisão mais elevados do grupo, o que também pode ser explicado pela desmotivação durante a realização da tarefa.

De uma forma geral, as representações gráficas de dispersão mostraram que a distribuição dos eventos de tempo de decisão ocorreu, em média, de forma mais homogênea para os participantes do Grupo 2, que apresentou valores inferiores e com menor variabilidade

(também indicada pelo valor do desvio padrão do grupo) do que o observado nas dispersões apresentadas pelos participantes do Grupo 1.

Jensen (2006), mostrou que grupos de alta capacidade cognitiva diferem acentuadamente do maior segmento da população (sujeitos de média e baixa capacidade cognitiva) em sua velocidade de processamento de informações, mesmo quando a tarefa de processamento é muito simples.

Uma tarefa cognitiva elementar relativamente simples permite maior controle experimental da complexidade da tarefa e reduz as fontes desconhecidas de variância que podem impactar nas diferenças individuais observadas no tempo de decisão em testes psicométricos complexos e em problemas da “vida real” (Jensen, 2006).

Portanto, os resultados de TD obtidos nos dois grupos, com o Grupo 2 – Alto Desempenho Cognitivo – apresentando valores inferiores e menos variáveis de TD são suportados pela literatura citada.

A partir dos resultados de QI e dos resultados de Tempo de Decisão foi possível obter correlações negativas de $r = -0,52$ ($p < 0,120$) e $\rho = -0,40$ ($p < 0,250$), mostrando evidências de associação entre inteligência e velocidade de processamento.

Sobre estes valores cabem duas considerações: 1) O resultado obtido pelo Participante 6 do Grupo 2 que, apesar do QI ajustado ao grupo (QI = 128), apresentou o valor médio de tempo de decisão mais elevado do grupo (1,659 seg.). O valor obtido é superior até mesmo ao valor médio de TD obtido pelo Grupo 1 (1,461 seg.). Caso este participante apresentasse valor médio de TD próximo ao valor médio obtido por seu grupo (1,215 seg.), estas correlações se mostrariam consideravelmente mais fortes e significativas. 2) O aumento do tamanho da amostra poderia resultar no aumento dos valores dos coeficientes de correlação, assim como no aumento dos níveis de significância obtidos, observando a tendência dos valores de QI e TD obtidos com $n = 10$.

Além de gerar os tempos médios de decisão para os dois grupos, a ETC foi utilizada como parâmetro para comparações entre as ondas elétricas cerebrais coletadas (ondas Alpha, Beta e Gamma) durante as observações da figura estímulo nº 22 (conforme descrito no item 4.3). Os eventos relativos a este estímulo podem ser observados na Tabela 14.

Tabela 14.

Eventos relativos à figura estímulo 22

Grupo 1 - Desempenho Cognitivo Mediano										
Participante 1	Evento	51	59	98	102	139	149			TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	2,315	1,930	1,870	1,700	1,870	0,965			1,775
Participante 2	Evento	53	61	63	68	74	83	93		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	2,610	2,200	2,185	1,635	2,485	2,290	2,020		2,204
Participante 3	Evento	41	43	45	55	70	76	99		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,905	1,220	0,865	1,685	2,205	1,320	1,145		1,478
Participante 4	Evento	129	152	155	160	161	165	166		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	3,020	1,710	2,505	1,250	2,105	0,900	1,545		1,862
Grupo 2 - Alto Desempenho Cognitivo										
Participante 1	Evento	26	28	36	80	109	110	133		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,055	1,730	1,340	1,190	0,750	2,125	1,385		1,368
Participante 2	Evento	24	45	104	122	136	142	145		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	0,915	0,945	1,725	1,605	1,695	1,095	1,035		1,288
Participante 3	Evento	2	11	47	49	108	116			TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,525	1,600	1,495	0,920	1,455	1,545			1,423
Participante 4	Evento	41	42	53	75	121	130			TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,265	1,580	0,650	0,905	0,760	0,905			1,011
Participante 5	Evento	46	137	143	156	159	168			TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,565	1,180	1,185	1,260	0,780	1,710			1,280
Participante 6	Evento	5	35	62	112	113	128	139		TD Médio (seg.)
	T. de Decisão (seg.)	1,785	2,315	1,830	2,235	2,090	1,105	1,450		1,830

Nota. São necessários 168 eventos com a identificação correta do estímulo para que a tarefa seja finalizada. A figura estímulo 22 apareceu por sete vezes para cada participante. Porém, os participantes 1 (Grupo 1), 3, 4 e 5 (Grupo 2) tiveram um de seus eventos descartado por erro de medição ou inconsistência de dados de EEG.

As estatísticas de grupo podem ser observadas nas Tabela 15.

Tabela 15.

Estatísticas de grupo para TD relativo ao estímulo 22

	Grupos	N	Média	Desvio Padrão	Erro padrão da média
Tempo de Decisão	1	27	1,832	0,56	0,11
	2	39	1,377	0,43	0,07

O resultado do teste de Levene, $p > 0,05$ ($p = 0,177$), permite considerar igualdade de variâncias. Para este caso, o teste-t para igualdade de médias mostrou que os participantes do Grupo 1 apresentaram valores de tempo de decisão, relativos ao estímulo 22, superiores aos apresentados pelos participantes do Grupo 2 ($t(64) = 3,751$; $p < 0,001$). Este resultado indica a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias de tempo de decisão obtidas dos dois grupos.

Os valores médios de TD relativos à observação da figura estímulo 22, que apresenta maior dificuldade para identificação (citado anteriormente), corroboram os valores médios de TD relativos à aplicação geral da ECT, com o Grupo 2 (alto desempenho cognitivo)

apresentando valor médio inferior, e com menor variabilidade, do que o apresentado pelo Grupo 1 (desempenho cognitivo mediano). Resultado suportado pela literatura já citada.

5.3 Análise dos dados de eletroencefalograma

A mesma touca, os mesmos eletrodos e o mesmo gel condutor apropriado foram utilizados em todas as coletas. Antes de cada coleta foi efetuado procedimento para limpeza do couro cabeludo do participante, visando diminuição da impedância. Valores abaixo de 15K Ω foram obtidos em todas as coletas.

Todas as análises dos dados coletados através de eletroencefalografia foram realizadas através do *Brainstorm*, como descrito no item 4.3, e começaram pela remoção de ruídos e artefato que poderiam impactar na correta observação das ondas elétricas cerebrais.

O primeiro passo foi analisar o espectro de frequências de cada participante, através do método de Welch, para avaliar a presença de ruídos e artefatos. Para todos os casos foi utilizado filtro Notch para remoção de ruídos de 60Hz (frequência da rede) e 80Hz (ruído desconhecido). O espectro de frequência de um dos participantes, com a aplicação do filtro Notch, pode ser observado no Anexo 10.

O passo seguinte foi identificar os ruídos causados por EOG (piscadas e movimento ocular) utilizando o método ICA (*Independent Component Analysis*), além da remoção de outros artefatos causados por contração muscular.

Após a remoção dos artefatos foi realizada a filtragem das frequências das ondas elétricas cerebrais Alpha (8Hz à 12Hz), Beta (12Hz à 30Hz) e Gamma (30Hz à 45Hz), através de filtro passa-faixa, para as devidas análises. As faixas das frequências Alpha e Beta foram mantidas em seus padrões de 8hz à 12Hz e de 12Hz à 30Hz, respectivamente. A faixa de frequência Gamma foi limitada de 30Hz à 45Hz, pois, como pode ser visto no espectro de frequência do Anexo 10, a intensidade do sinal é reduzida em escala logarítmica com o aumento da frequência.

O Anexo 11 mostra os dados de EEG filtrados nas frequências citadas, para um dos participantes. O Anexo 12 mostra dados contínuos de EEG com as marcações dos eventos relativos aos estímulos, além de alguns artefatos e o canal de referência do mouse (utilizado para marcação dos tempos de decisão).

O último passo consistiu em identificar os eventos relacionados à figura estímulo 22 nos dados contínuos do EEG para as frequências Alpha, Beta e Gamma filtradas. A partir da identificação dos eventos foi possível gerar suas representações topográficas calculando a média dos valores das amplitudes dos sinais em relação ao tempo (Tadel et al., 2011). O

cálculo desta média no tempo foi necessário já que os valores de tempo de decisão são diferentes entre si e, sem esta média, seria impossível gerar as representações topográficas para comparação. Desta forma, foram geradas representações topográficas do córtex cerebral de cada participante para todos os eventos válidos relativos ao estímulo 22.

Através das representações topográficas das ondas elétricas cerebrais é possível observar as dispersões das ondas pelas regiões do córtex cerebral, ou ativações das regiões do córtex, considerando os valores absolutos das amplitudes das ondas e com estes valores dados em microvolts (μV). Para comparações entre as representações topográficas com as dispersões das ondas elétricas foram utilizados dados do participante 2 do Grupo 1 (que apresentou maior tempo médio de decisão para o estímulo 22: 2,204 seg.) e participante 4 do Grupo 2 (que apresentou menor tempo médio de decisão para o estímulo: 1,011 seg.). Suas representações, relativas às ondas Alpha, Beta e Gamma, podem ser verificadas nas Figura 15, Figura 16 e Figura 17, respectivamente.

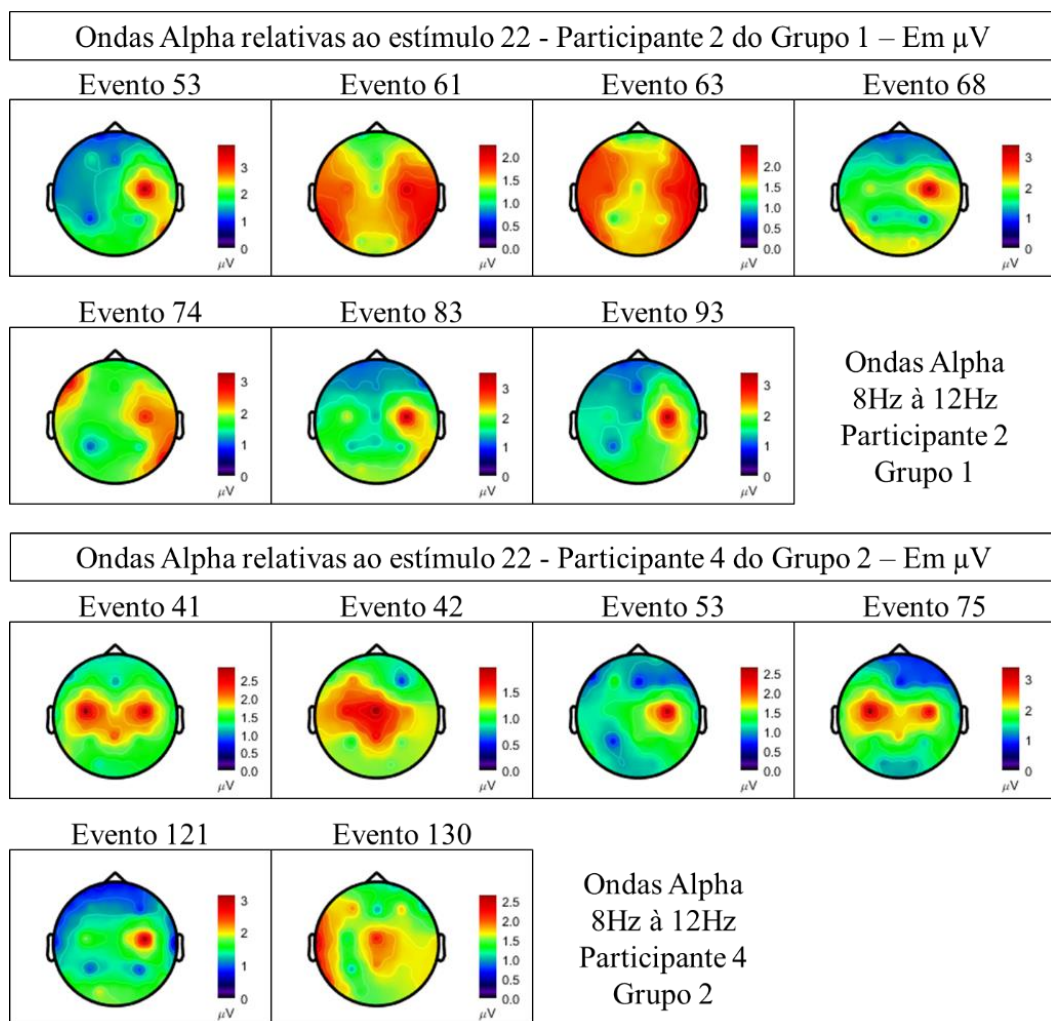


Figura 15. Ondas Alpha relativas ao estímulo 22 obtidas dos participantes 2 (Grupo 1) e 4 (Grupo 2) que apresentaram maior e menor tempo de decisão médio para este estímulo, respectivamente. Amplitudes em valores absolutos e μV .

Percebe-se que não há um padrão definido para as dispersões das ondas Alpha para os dois participantes, exceto que a incidência destas ondas foi maior em suas regiões parietais. A amplitude média destas ondas foi menor no Participante 4 do Grupo 2 ($2,50 \mu\text{V}$) quando comparado ao observado no Participante 2 do Grupo 1 ($2,71 \mu\text{V}$).

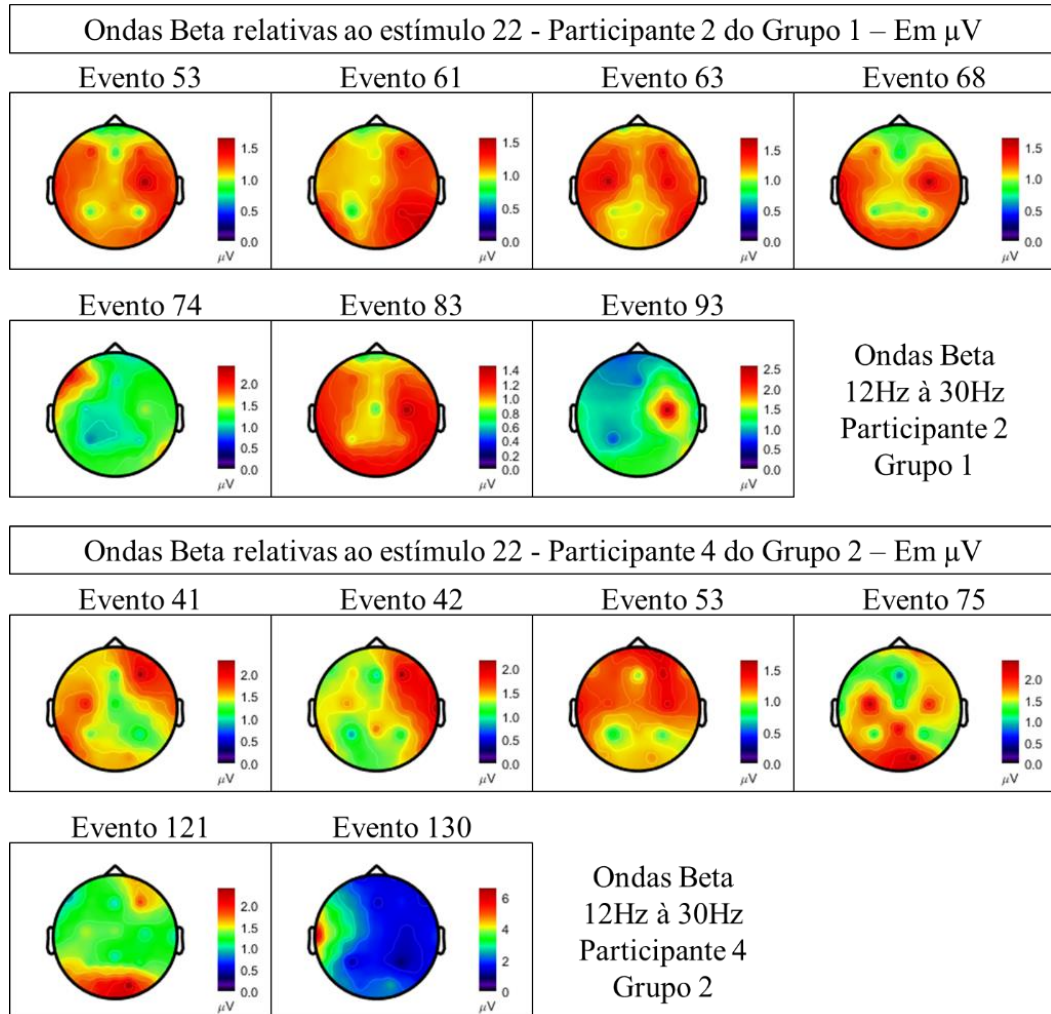


Figura 16. Ondas Beta relativas ao estímulo 22 obtidas dos participantes 2 (Grupo 1) e 4 (Grupo 2) que apresentaram maior e menor tempo de decisão médio para este estímulo, respectivamente. Amplitudes em valores absolutos e μV .

Percebe-se um padrão mais definido nas dispersões das ondas Beta relativas ao participante 2 do Grupo 1, com ativação dos córtices dos dois hemisférios na maioria dos eventos. As áreas de dispersão destas ondas foram menores para o participante 4 do Grupo 2, porém apresentaram maior amplitude média ($2,58 \mu\text{V}$) quando comparado ao observado no Participante 2 do Grupo 1 ($1,70 \mu\text{V}$).

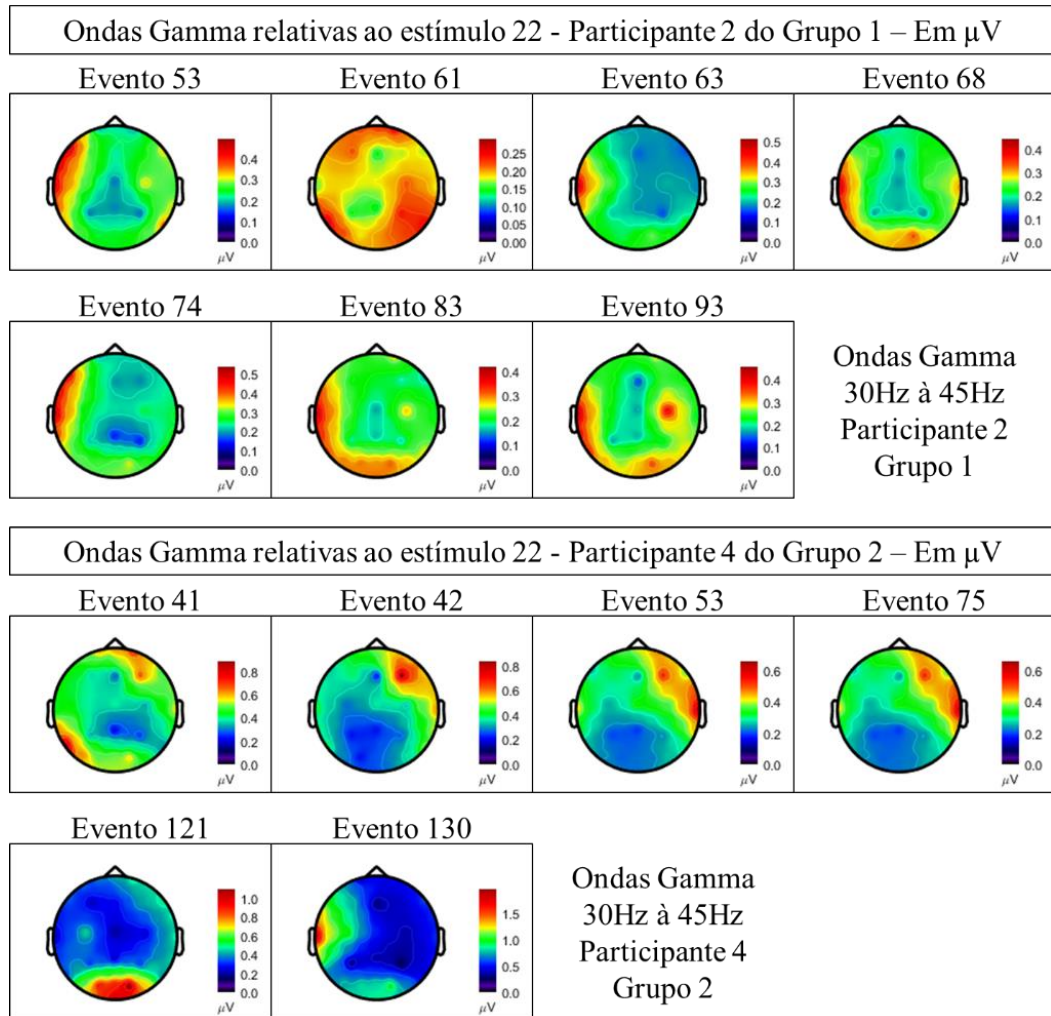


Figura 17. Ondas Gamma relativas ao estímulo 22 obtidas dos participantes 2 (Grupo 1) e 4 (Grupo 2) que apresentaram maior e menor tempo de decisão médio para este estímulo, respectivamente. Amplitudes em valores absolutos e μV .

Observa-se que as amplitudes das ondas Gamma são bastante inferiores que as amplitudes geradas pelas ondas Alpha e Beta, para os dois participantes. O participante 2 do Grupo 1 apresenta certo padrão para a dispersão destas ondas, com as áreas temporal esquerda e occipital apresentando ativação na maioria dos eventos. Já o participante 4 do Grupo 2 apresenta maior ativação nas áreas frontal, pré-frontal e temporal direita na maior parte dos eventos. Este participante apresenta maior amplitude média (0,92 μV) do que a apresentada pelo participante do Grupo 1 (0,41 μV).

As representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma relativas à figura estímulo 22 dos demais participantes podem ser verificadas nos Anexos 13 a Anexo 20.

A Tabela 16 mostra as médias das amplitudes das três formas de ondas obtidas de todos os participantes, além dos valores médios para os dois grupos.

Tabela 16.

Ondas elétricas cerebrais relativas à observação da figura estímulo 22 – médias dos valores absolutos das amplitudes em μV

Grupo 1 - Desempenho Cognitivo Mediano				Grupo 2 - Alto Desempenho Cognitivo			
Participante	Ondas Alpha	Ondas Beta	Ondas Gamma	Participante	Ondas Alpha	Ondas Beta	Ondas Gamma
1	2,00	2,50	1,05	1	1,56	1,61	0,56
2	2,71	1,70	0,41	2	2,14	1,36	0,35
3	0,96	1,26	0,40	3	2,67	2,57	0,78
4	3,36	2,93	0,83	4	2,50	2,58	0,92
				5	2,00	1,62	0,60
				6	1,41	1,79	0,57
Amplitudes médias (em μV)				Amplitudes médias (em μV)			
	Ondas Alpha	Ondas Beta	Ondas Gamma	Ondas Alpha	Ondas Beta	Ondas Gamma	
	2,26	2,10	0,67	2,05	1,92	0,63	

Percebe-se que os valores médios das amplitudes dos três tipos de ondas elétricas cerebrais obtidas no Grupo 2 são inferiores aos valores médios das amplitudes registradas no Grupo 1, o que pode indicar um alinhamento com a hipótese de eficiência neural, que postula uma função cerebral mais eficiente em indivíduos mais inteligentes em comparação a indivíduos menos inteligentes. Haier et al. (1988) mostraram evidências empíricas que apontam para associações negativas entre a inteligência e a quantidade de ativação neural durante o desempenho de uma tarefa cognitiva. Grabner et al. (2004) mostraram uma correlação negativa entre consumo de glicose e inteligência, sugerindo que alta inteligência está associada a baixo nível de metabolismo de glicose e, conseqüentemente, baixo nível de ativação neural. Bear et al. (2007) mostraram que quando um grupo de neurônios é excitado simultaneamente, através das Sinapses, os pequenos sinais elétricos se somam para gerar um sinal sincronizado e de maior amplitude. Quanto maior o grupo de neurônios, maior a amplitude da onda elétrica gerada.

Ainda considerando a amplitude das ondas elétricas cerebrais, esperava-se que o Grupo 2 apresentasse amplitude média de ondas Alpha (8Hz `a 12Hz) mais elevada que a apresentada pelo Grupo 1, como proposto por Jahidin et al. (2014). Porém, o Grupo 2 apresentou 2,05 μV de amplitude média contra 2,26 μV observados no Grupo 1. A explicação pode estar vinculada à ECT utilizada, que praticamente não exige demanda cognitiva, e sim velocidade perceptual.

Trata-se de uma tarefa de discriminação perceptual que explora processos cognitivos como a captação do estímulo, a discriminação, a escolha, a busca visual, processamento simples de informação. É capaz de avaliar processamento cognitivo básico (Colom & Flores-Mendoza, 2006a). A utilização de uma tarefa que exigisse demanda cognitiva ou necessitasse da memória de trabalho poderia ter gerado um resultado diferente.

Jahidin et al. (2014) também propuseram que as amplitudes das ondas Beta (12Hz à 30Hz) são menores em sujeitos mais inteligentes, durante testes cognitivos. Este fato pode ser observado quando se compara o Grupo 2, que apresentou 1,92 μ V de amplitude média, contra 2,10 μ V observados no Grupo 1. Cabe considerar que o uso de outro teste mais complexo poderia ter gerado resultados diferentes.

Percebe-se que as ondas Gamma (30Hz à 45Hz) apresentaram amplitudes inferiores às apresentadas pelas ondas Alpha e Beta para todos os participantes e a explicação pode ser encontrada no estudo realizado por Hondrou e Caridakis (2012), que mostrou que as ondas Gamma estão associadas a estados elevados de consciência, que não se fizeram presentes durante a aplicação da ECT. A amplitude média desta onda foi similar entre os dois grupos, com o Grupo 1 apresentando 0,67 μ V de amplitude média e o Grupo 2 apresentando 0,63 μ V de amplitude média.

Considerando as áreas de dispersão ou ativação das ondas Alpha, Beta e Gamma, observadas durante os eventos relativos ao estímulo 22, não foi possível identificar padrão definido destas ondas que pudesse caracterizar, ou diferenciar, os dois grupos. Porém, considerando todos os participantes, os registros topográficos permitiram observar tendências nas dispersões das três formas de ondas elétricas pelos córtices cerebrais, apontando diferenças de padrões entre as mesmas.

As ondas Alpha apresentaram o maior valor médio de amplitude, nos dois grupos, e se dispersaram principalmente pelas regiões parietais e pré-frontais dos dois hemisférios cerebrais para a maioria dos participantes.

As ondas Beta apresentaram, em média, menor intensidade de sinal que a apresentada pelas ondas Alpha, nos dois grupos, e se dispersaram por maiores áreas do que as ondas Alpha por todas as regiões corticais dos dois hemisférios cerebrais para a maioria dos participantes.

As ondas Gamma apresentaram menor intensidade de sinal do que as ondas Alpha e Beta, em média, e se dispersaram principalmente pelas regiões dos lobos temporais esquerdo e direito dos córtices cerebrais para a maioria dos participantes

Nisbett et al. (2012) mostram que embora muito tenha sido aprendido sobre a base neural para habilidades cognitivas através da proliferação de estudos de neuroimagem, os resultados desses estudos fornecem um quadro um tanto desigual da base neural para a inteligência geral. Parece improvável que seja encontrado um único substrato neural para inteligência que seja ativado de maneiras semelhantes em diversos indivíduos.

6 Conclusão

Este trabalho apresentou uma análise das relações existentes entre velocidade de processamento cerebral e eficiência neural com a inteligência, a partir de medidas de tempo de decisão e de dados eletroencefalográficos obtidos durante a aplicação de uma tarefa cognitiva elementar nos participantes dos dois grupos.

Em termos gerais foram apresentados resultados que atenderam ao seu objetivo geral e resultados que atenderam parcialmente aos objetivos específicos: 1) Evidências de associação entre velocidade de processamento (avaliada através do tempo de decisão) e inteligência, apresentadas pelas correlações negativas $r = - 0,52$ ($p < 0,120$) e $\rho = - 0,40$ ($p < 0,250$). O grupo formado por participantes com maiores escores de QI obteve valor médio de tempo de decisão inferior ao obtido pelo grupo composto por participantes com menores escores de QI, tanto para a aplicação da ECT completa quanto para a observação de um determinado estímulo (figura estímulo 22). 2) Evidências de associação entre eficiência neural, avaliada através das amplitudes médias das ondas Alpha, Beta e Gamma geradas durante um determinado estímulo (figura estímulo 22), e Inteligência. O grupo formado por participantes com maiores escores de QI obteve valor médio de amplitude destas ondas inferior ao obtido pelo grupo composto por participantes com menores escores de QI. Ambos os resultados são suportados pela literatura citada anteriormente.

As avaliações das possíveis diferenças nas características das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gama mostrou evidências de que estas ondas podem apresentar alguma peculiaridade em suas dispersões pelo córtex cerebral, além das diferenças encontradas em suas amplitudes, mostrando a existência de determinado padrão para a dispersão de cada uma das três formas de onda.

Algumas limitações também foram apontadas, como o tamanho amostral ($n = 10$), com número reduzido de participantes e a utilização de uma tarefa cognitiva elementar que não demanda raciocínio lógico ou abstrato. Tal ECT serviu adequadamente para a obtenção de valores de tempo de decisão, mas, para a avaliação dos registros topográficos das ondas elétricas cerebrais Alpha, Beta e Gamma, outro tipo de tarefa com maior demanda cognitiva poderia ter gerado resultados que mostrassem maiores evidências de suas relações com a inteligência.

Estudos futuros poderão se aprofundar neste tema, com número maior de participantes, com instrumentos, técnicas e testes mais sofisticados e capazes de explorar mais profundamente as variáveis tratadas neste trabalho e suas correlações com a inteligência.

Não obstante as limitações apresentadas, acredita-se que o presente estudo gerou resultados que apontam para a realidade das diferenças individuais em inteligência, o que poderia orientar ações que visem tratar, de forma adequada, indivíduos mais e menos favorecidos intelectualmente, com o objetivo de desenvolver ao máximo suas potencialidades, considerando principalmente a escassez de política pública e de projetos que atendam à demanda das crianças com alto desempenho cognitivo.

7 Referências Bibliográficas

- Almeida, D. A. (2016). Manual APA: Regras gerais de estilo e formatação de trabalhos acadêmicos.
- Anastasi, A. (1977). *Testes psicológicos* (D.M. Leite, Trad.). São Paulo: EPU.
- Andrés-Pueyo, A. (2006). Modelos Psicométricos da Inteligência. Em: *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.73-100). Porto Alegre: Artmed.
- Antipoff, C. A., & Campos, R. D. F. (2010). Superdotação e seus mitos. *Psicologia Escolar e Educacional*, 14(2), 301-309.
- Axmacher, N., Elger, C. E., & Fell, J. (2008). Ripples in the medial temporal lobe are relevant for human memory consolidation. *Brain*, 131(7), 1806-1817.
- Bandeira, D. R., Alves, I. C. B., Giacomel, A. E., & Lorenzatto, L. (2004). Matrizes progressivas coloridas de Raven-escala especial: normas para Porto Alegre, RS. *Psicologia em estudo*, 9(3), 479-486.
- Barbey, A. K., Colom, R., Paul, E. J., & Grafman, J. (2014). Architecture of fluid intelligence and working memory revealed by lesion mapping. *Brain Structure and Function*, 219(2), 485-494.
- Bates, T., & Stough, C. (1998). Improved reaction time method, information processing speed, and intelligence. *Intelligence*, 26(1), 53-62.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A., (2007). *Neuroscience: exploring the brain* (3rd ed.). Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Blinowska, K., & Durka, P. (2006). Electroencephalography (eeg). *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*.
- Bronzino, J. d. (2000). "Principles of Electroencephalography." *The Biomedical Engineering Handbook* (2nd ed.). Ed. Joseph D. Bronzino. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Brown, S. W., Renzulli, J. S., Gubbins, E. J., Siegle, D., Zhang, W., & Chen, C. H. (2005). Assumptions underlying the identification of gifted and talented students. *Gifted Child Quarterly*, 49(1), 68-79.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological review*, 97(3), 404.
- Colom, R. (2006). O que é Inteligência. Em: *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.59-72). Porto Alegre: Artmed.
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. (2005). Working memory and general intelligence: The role of short-term storage. *Personality and Individual Differences*, 39, 1005-1014.

- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. (2006a). Processamento humano de informação e inteligência. Em: *Introdução à psicologia das diferenças individuais* (pp. 101-134). Porto Alegre: Artmed.
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. E. (2006b). Armazenamento de curto prazo e velocidade de processamento explicam a relação entre memória de trabalho e o fator g de inteligência. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 22(1), 113-122.
- Colom, R., Flores-Mendoza, C., Quiroga, M. Á., & Privado, J. (2005). Working memory and general intelligence: The role of short-term storage. *Personality and Individual Differences*, 39(5), 1005-1014.
- Conway, A. R., Cowan, N., Bunting, M. F., Therriault, D. J., & Minkoff, S. R. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30(2), 163-183.
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory?. *Progress in brain research*, 169, 323-338.
- Da Silva, J. A. (2005). *Inteligência: Resultado da genética, do ambiente ou de ambos?*. São Paulo: Lovise.
- Da Silva, J. A., Ribeiro-Filho, N. P., & Santos, R. C. D. (2012). Inteligência humana e suas implicações. *Temas em Psicologia*, 20(1), 155-188.
- Deary, I. J. (2001). *Intelligence: A very short introduction*. Oxford: OUP.
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(3), 201-211.
- Deary, I. J., Sommerfield, A. J., McAulay, V., & Frier, B. M. (2003). Moderate hypoglycaemia obliterates working memory in humans with and without insulin treated diabetes. *Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry*, 74(2), 278-279.
- Deary, I. J., Thorpe, G., Wilson, V., Starr, J. M., & Whalley, L. J. (2003). Population sex differences in IQ at age 11: The Scottish mental survey 1932. *Intelligence*, 31(6), 533-542.
- Desai, R., Tailor, A., & Bhatt, T. (2015). Effects of yoga on brain waves and structural activation: A review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 21, 112-118.
- Detterman, D. K., Mayer, J. D., Caruso, D. R., Legree, P. J., Conners, F. A., & Taylor, R. (1992). Assessment of basic cognitive abilities in relation to cognitive deficits. *American Journal on Mental Retardation*.
- Dumenko, V. (2012). Potential for Metric Assessment of Human EEG Gamma Activity. *I. P. Pavlova*, 62(6), 645-653.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of experimental psychology: General*, 128(3), 309.

- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological review*, *100*(3), 363.
- Fernández, T., Harmony, T., Rodríguez, M., Bernal, J., Silva, J., Reyes, A., & Marosi, E. (1995). EEG activation patterns during the performance of tasks involving different components of mental calculation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, *94*(3), 175-182.
- Ferreira, L. S., Oliveira, P. A. L., & Bonavides, A. S. (2010). *Manual do Técnico em EEG*. Rio de Janeiro: Revinter.
- Fink, A., & Neubauer, A. C. (2001). Speed of information processing, psychometric intelligence: And time estimation as an index of cognitive load. *Personality and Individual Differences*, *30*(6), 1009-1021.
- Fink, A., & Neubauer, A. C. (2005). Individual differences in time estimation related to cognitive ability, speed of information processing and working memory. *Intelligence*, *33*(1), 5-26.
- Flores-Mendoza, C. E. (1999). *Processamento cognitivo básico e inteligência em deficientes mentais* (Tese de Doutorado). Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Flores-Mendoza, C., Widaman, K. F., Dias Bacelar, T., & Lelé, Á. J. (2014). Propriedades psicométricas do Raven Geral no contexto de Minas Gerais. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, *66*(2).
- Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences*, *5*(7), New York: Basic Books.
- Gevins, A., & Smith, M. E. (2000). Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style. *Cerebral cortex*, *10*(9), 829-839.
- Gevins, A., Smith, M. E., Leong, H., McEvoy, L., Whitfield, S., Du, R., & Rush, G. (1998). Monitoring working memory load during computer-based tasks with EEG pattern recognition methods. *Human factors*, *40*(1), 79-91.
- Gevins, A., Smith, M. E., McEvoy, L., & Yu, D. (1997). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral cortex*, *7*(4), 374-385.
- Gottfredson, L. S. (1997a). *Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography*, *24*(1), 13-23.
- Gottfredson, L. S. (1997b). Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, *24*(1), 79-132.
- Gottfredson, L. S. (2003). G, jobs and life. Em: *The scientific study of general intelligence: Tribute to Arthur R. Jensen* (pp. 293-342). Elsevier.

- Grabner, R. H., Fink, A., Stipacek, A., Neuper, C., & Neubauer, A. C. (2004). Intelligence and working memory systems: evidence of neural efficiency in alpha band ERD. *Cognitive Brain Research*, *20*(2), 212-225.
- Gray, J. R., & Thompson, P. M. (2004). Neurobiology of intelligence: science and ethics. *Nature Reviews Neuroscience*, *5*(6), 471-482.
- Haier, R. J. (2006). Teoria Biológica da Inteligência. Em: *Introdução à Psicologia das Diferenças Individuais* (pp.131-142). Porto Alegre: Artmed.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. *NeuroImage*, *25*(1), 320-327.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., Browning, H. L., & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence*, *12*(2), 199-217.
- Haier, R. J., Siegel, B., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, *16*(3), 415-426.
- Hill, B. D., Foster, J. D., Elliott, E. M., Shelton, J. T., McCain, J., & Gouvier, W. D. (2013). Need for cognition is related to higher general intelligence, fluid intelligence, and crystallized intelligence, but not working memory. *Journal of Research in Personality*, *47*, 22-25.
- Hondrou, C., & Caridakis, G. (2012). Affective, natural interaction using EEG: sensors, application and future directions. *Artificial Intelligence: Theories and Applications*, 331-338.
- Jaarsveld, S., Fink, A., Rinner, M., Schwab, D., Benedek, M., & Lachmann, T. (2015). Intelligence in creative processes: An EEG study. *Intelligence*, *49*, 171-178.
- Jahidin, A. H., Ali, M. M., Taib, M. N., Tahir, N. M., Yassin, I. M., & Lias, S. (2014). Classification of intelligence quotient via brainwave sub-band power ratio features and artificial neural network. *Computer methods and programs in biomedicine*, *114*(1), 50-59.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2000). Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence. *Neuroscience letters*, *293*(3), 191-194.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking The Mind. Mental Chronometry And Individual Differences*. Amsterdam: Elsevier.
- Jensen, A. R., & Munro, E. (1979). Reaction time, movement time, and intelligence. *Intelligence*, *3*(2), 121-126.
- Jokisch, D., & Jensen, O. (2007). Modulation of Gamma and Alpha Activity during a Working Memory Task Engaging the Dorsal or Ventral Stream. *The Journal of Neuroscience*, *27*(12), 3244-3251.

- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 135-154.
- Keith, T. Z., Fine, J. G., Taub, G. E., Reynolds, M. R., & Kranzler, J. H. (2006). Higher Order, Multisample, Confirmatory Factor Analysis of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth Edition: What Does It Measure?. *School Psychology Review*, 35(1), 108-127.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29, 169-195.
- Kranzler, J. H., Whang, P. A., & Jensen, A. R. (1994). Task complexity and the speed and efficiency of elemental information processing: Another look at the nature of intellectual giftedness. *Contemporary educational psychology*, 19(4), 447-459.
- Lynn, R. (1994). Sex differences in intelligence and brain size: A paradox resolved. *Personality and individual differences*, 17(2), 257-271.
- McDaniel, M. A. (2005). Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence*, 33(4), 337-346.
- McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37, 1-10.
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(7), 1004-1023.
- Neubauer, A. C., Fink, A., & Schrausser, D. G. (2002). Intelligence and neural efficiency: The influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. *Intelligence*, 30(6), 515-536.
- Neubauer, A. C., Grabner, R. H., Fink, A., & Neuper, C. (2005). Intelligence and neural efficiency: further evidence of the influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 217-225.
- Neurovirtual (2009). Manual do Usuário BWII EEG PSG (Ed. rev.).
- Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F., & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: new findings and theoretical developments. *American psychologist*, 67(2), 130.
- Pfurtscheller, G., & Aranibar, A. (1978). Occipital rhythmic activity within the alpha band during conditioned externally paced movement. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 45(2), 226-235.
- Resolução N° 4, de 02 de outubro de 2009.* Dispõe sobre a instituição, pelo Ministério da Cultura, de diretrizes operacionais para o atendimento educacional especializado na educação básica, modalidade educação especial.

- Roberts, R. D., & Stankov, L. (1999). Individual differences in speed of mental processing and human cognitive abilities: Toward a taxonomic model. *Learning and Individual Differences, 11*(1), 1-120.
- Rueda, F. J. M., Noronha, A. P. P., Sisto, F. F., Santos, A. A. A., & Castro, N. R. (2012). Escala de Inteligência Wechsler para Crianças—WISC-IV. *São Paulo: Casa do Psicólogo*.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review, 103*(3), 403.
- Schafer, E. W. (1982). Neural adaptability: A biological determinant of behavioral intelligence. *International Journal of Neuroscience, 17*(3), 183-191.
- Schelini, P. W., Almeida, L. S., & Primi, R. (2013). Aumento da inteligência ao longo do tempo: efeito Flynn e suas possíveis causas. *Psico-USF, 18*(1), 45-52.
- Soraci Jr, S. A., Carlin, M. T., Deckner, C. W., & Baumeister, A. A. (1990). Detection of stimulus organization: Evidence of intelligence-related differences. *Intelligence, 14*(4), 435-447.
- Stanley, J. C. (1973). Accelerating the educational progress of intellectually gifted youths 1. *Educational Psychologist, 10*(3), 133-146.
- Sternberg, R. J. (2012). Intelligence. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 3*(5), 501–511.
- Strenze, T. (2007). Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. *Intelligence, 35*(5), 401-426.
- Tadel, F., Baillet, S., Mosher, J. C., Pantazis, D., & Leahy, R. M. (2011). Brainstorm: a user-friendly application for MEG/EEG analysis. *Computational intelligence and neuroscience, 2011*, 8.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement science review, 2*(2), 1-11.
- Trentini, C. M., Yates, D. B., & Heck, V. S. (2014a). Aplicações da Escala de Inteligência Wechsler Abreviada (WASI) Para a Realidade Brasileira. Em: *Avanços em Avaliação Psicológica e Neuropsicológica de Crianças e Adolescentes II*. São Paulo, SP: Casa do Psicólogo.
- Trentini, C. M., Yates, D. B., & Heck, V. S. (2014b). Escala de Inteligência Wechsler Abreviada (WASI): Manual profissional. *São Paulo, SP: Casa do Psicólogo*.
- Weinberg, R. A. (1989). Intelligence and IQ: Landmark issues and great debates. *American psychologist, 44*(2), 98.
- Winner, E. (2000). Giftedness: Current theory and research. *Current directions in psychological science, 9*(5), 153-156.

Wypianski, J. O. (1929). *EEG brain waves and creative thinking* (Doctoral dissertation).
University of Ottawa. Ottawa. Canada.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Prezado(a) Senhor(a),

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “*Velocidade de processamento, eficiência neural e eletroencefalograma em crianças de alto desempenho cognitivo*”, desenvolvido por mim, Profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza Prado do Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais - FAFICH/UFMG. O objetivo principal deste estudo é entender e aprender sobre a *facilidade de aprendizado* que as crianças e jovens de hoje apresentam sobre qualquer assunto (Exemplo: atividades escolares, aulas, jogos, etc.).

O(a) senhor(a) será convidado(a) a assinar este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa. Após a entrega dos documentos, será realizada uma avaliação individual da criança/jovem por meio de um teste cognitivo, na Universidade Federal de Minas Gerais, em horário previamente agendado e de acordo com suas disponibilidades (do(a) Senhor(a) e de seu(sua) filho(a)). Esta atividade terá duração de aproximadamente 30 minutos. Para que seu(sua) filho(a) participe deste estudo, o(a) senhor(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira ou ressarcimento devido ao deslocamento até a Universidade. Será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Você poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento sem qualquer penalidade. A identidade de seu(sua) filho(a) será tratada com padrões profissionais de sigilo, isto é, não ocorrerá qualquer divulgação pública dos resultados individuais do seu(sua) filho(a).

A atividade é semelhante às que seu(sua) filho(a) realiza costumeiramente na escola, com a aplicação dos testes “*Matrizes Progressivas de Raven – Escala Geral*”, para avaliação de habilidades espaço-visual, além das Escalas Wechsler para avaliação cognitiva. Porém caso seu(sua) filho(a) apresente algum desconforto durante as atividades é direito dele(dela) se recusar a dar continuidade à atividade. A atividade será aplicada por Psicóloga da Universidade, que explicará o que é a atividade e o que seu(sua) filho(a) deverá fazer. O desconforto pode ser causado por cansaço físico, fome, sede, vontade de ir ao banheiro. Os riscos da atividade são os desconfortos citados acima. Neste caso, a Psicóloga estará preparada para ajudar seu(sua) filho(a) no que for preciso e seu(sua) filho(a) estará livre para desistir da participação nesta pesquisa, se assim desejar. As informações levantadas a partir deste estudo serão de extrema importância no desenvolvimento de estratégias de ensino mais efetivas.

O(a) senhor(a) e seu(sua) filho(a) receberão retorno sobre o resultado da atividade, com toda a explicação necessária, alguns dias após a realização da mesma, pois as análises desta atividade demandam algum tempo. Entraremos em contato para o agendamento deste retorno, que deverá ser presencial e na UFMG.

O recrutamento das crianças e/ou jovens se dá em escolas públicas e privadas de Belo Horizonte ou por solicitação dos pais ou responsáveis (devido ao vasta experiência da pesquisadora em estudos sobre inteligência e cognição).

Este termo encontra-se impresso em duas vias, com espaço destinado para rubricas, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra via será fornecida a você. O COEP (Comitê de Ética em Pesquisa) UFMG poderá ser contatado em caso de dúvidas éticas da pesquisa.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____ autorizo meu(minha) filho(a) _____ a participar da presente pesquisa. Fui informado(a) dos objetivos do estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações junto ao pesquisador responsável listado abaixo, telefone (31) 3409-6085, ou ainda entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Rua Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II - 2º andar (Sala 2005), Campus Pampulha, 31270-901- Belo Horizonte - MG, Fone: (31) 3409-4592) para esclarecer dúvidas éticas da pesquisa. Tenho ciência que posso modificar a decisão de participar do estudo, se assim o desejar. Recebi uma via deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome completo do

responsável: _____

Assinatura do

responsável: _____

Endereço: _____

Telefone: _____ Data ____ / ____ / ____

**Profª. Drª. Carmen Elvira Flores-Mendoza Prado (Orientadora) - Tel.: (31) 3409-6285.
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, FAFICH, sala 4042.
Comitê de Ética em Pesquisa (COEP/UFMG) (31) 3409-4592
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha Unidade. Administrativa II, sala 2005.**

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Prezado(a) Senhor(a),

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a dar continuidade em sua participação na pesquisa “*Velocidade de processamento, eficiência neural e eletroencefalograma em crianças de alto desempenho cognitivo*”, desenvolvido por mim, Profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza Prado do Departamento de Psicologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais - FAFICH/UFMG. O objetivo principal deste estudo é entender e aprender sobre a “*facilidade de aprendizado*” que as crianças e jovens de hoje apresentam sobre qualquer assunto (Exemplo: atividades escolares, aulas, jogos, etc.).

O(a) senhor(a) será convidado a assinar este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, autorizando a participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa. Após a entrega dos documentos, será realizada uma atividade com criança/jovem por meio de um teste cognitivo, na Universidade Federal de Minas Gerais, em horário previamente agendado e de acordo com suas disponibilidades (do Senhor(a) e de seu(sua) filho(a)). Para que seu(sua) filho(a) participe deste estudo o(a) senhor(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira ou ressarcimento devido ao deslocamento até a Universidade. Será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Você poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento sem qualquer penalidade. A identidade de seu(sua) filho(a) será tratada com padrões profissionais de sigilo, isto é, não ocorrerá qualquer divulgação pública dos resultados individuais do seu(sua) filho(a).

A atividade, que terá duração de aproximadamente 25 minutos, é composta por aplicação de um jogo da memória, em um computador. Seu(sua) filho(a) tentará acertar as figuras corretamente, de acordo com que elas aparecerão na tela do computador. Durante esta atividade seu(sua) filho(a) usará uma touca de EEG (eletroencefalograma) que vai nos ajudar a entender sua facilidade de aprendizagem. Uma Psicóloga da Universidade estará presente durante toda a atividade, a explicará ao seu(sua) filho(a) e a acompanhará até o final.

O uso da touca EEG não apresenta riscos diretos à saúde física de seu(sua) filho(a), pois é um acessório rotineiramente utilizado em pesquisas deste tipo por pesquisadores do mundo inteiro. Trata-se de um instrumento não invasivo e não apresentará riscos ao seu(sua) filho(a). É um equipamento passivo, estimulado pelas atividades cerebrais durante uma atividade qualquer. Será utilizado de acordo com a norma internacional 10-20, que garante uma atividade padronizada e segura. O equipamento será operado por um Engenheiro treinado para tal.

Porém, caso seu(sua) filho(a) apresente algum desconforto durante a atividade, é direito dele(dela) se recusar a dar continuidade à mesma. Algum desconforto pode ser causado pelo uso da touca do EEG, que deve ser justa para garantir a monitoração da atividade cerebral gerada durante a realização do jogo da memória.

O risco da atividade poderá ser causado pelo incômodo ou desconforto durante a utilização da touca ou por outros incômodos como cansaço, fome, sede, sono, vontade de ir ao banheiro. Nestes casos a Psicóloga está preparada para garantir a integridade física do seu(sua) filha, que poderá desistir de participar se assim desejar. As informações levantadas

a partir deste estudo serão de extrema importância no desenvolvimento de estratégias de ensino mais efetivas.

O(a) senhor(a) e seu(sua) filho(a) receberão retorno sobre o resultado da atividade, com toda a explicação necessária, alguns dias após a realização da atividade, pois as análises desta atividade demandam algum tempo. Entraremos em contato para o agendamento deste retorno, que deverá ser presencial e na UFMG.

O recrutamento das crianças e/ou jovens se dá em escolas públicas e privadas de Belo Horizonte ou por solicitação dos pais ou responsáveis (devido à vasta experiência da pesquisadora em estudos sobre inteligência e cognição).

Este termo encontra-se impresso em duas vias, com espaço destinado para rubricas, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável e outra via será fornecida a você.

O COEP (Comitê de Ética em Pesquisa) UFMG poderá ser contatado em caso de dúvidas éticas da pesquisa.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____ autorizo meu (minha) filho (a) _____

participar do presente estudo. Fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações junto ao pesquisador responsável listado abaixo, telefone (31) 3409-6085, ou ainda entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Rua Av. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II - 2º andar (Sala 2005), Campus Pampulha, 31270-901- Belo Horizonte - MG, Fone:(31) 3409-4592) para esclarecer dúvidas éticas da pesquisa. Tenho ciência que posso modificar a decisão de participar do estudo, se assim o desejar. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome completo do

responsável: _____

Assinatura do

responsável: _____

Endereço:

Telefone: _____

Data ____/____/____

Profª. Drª. Carmen Elvira Flores-Mendoza Prado (Orientadora) - Tel.: (31) 3409-6285.
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha, FAFICH, sala 4042.
Comitê de Ética em Pesquisa (COEP/UFMG) (31) 3409-4592
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha Unidade. Administrativa II, sala 2005.

ANEXO 3

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP****Projeto: CAAE 73522717.2.0000.5149****Interessado(a): Profa. Carmen Elvira Flores Mendoza Prado****Depto. Psicologia
FAFICH- UFMG**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 15 de setembro de 2017, o projeto de pesquisa intitulado

“Velocidade de processamento, eficiência neural e eletroencefalograma em crianças/adolescentes de alto desempenho cognitivo”
bem como:

- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
- Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

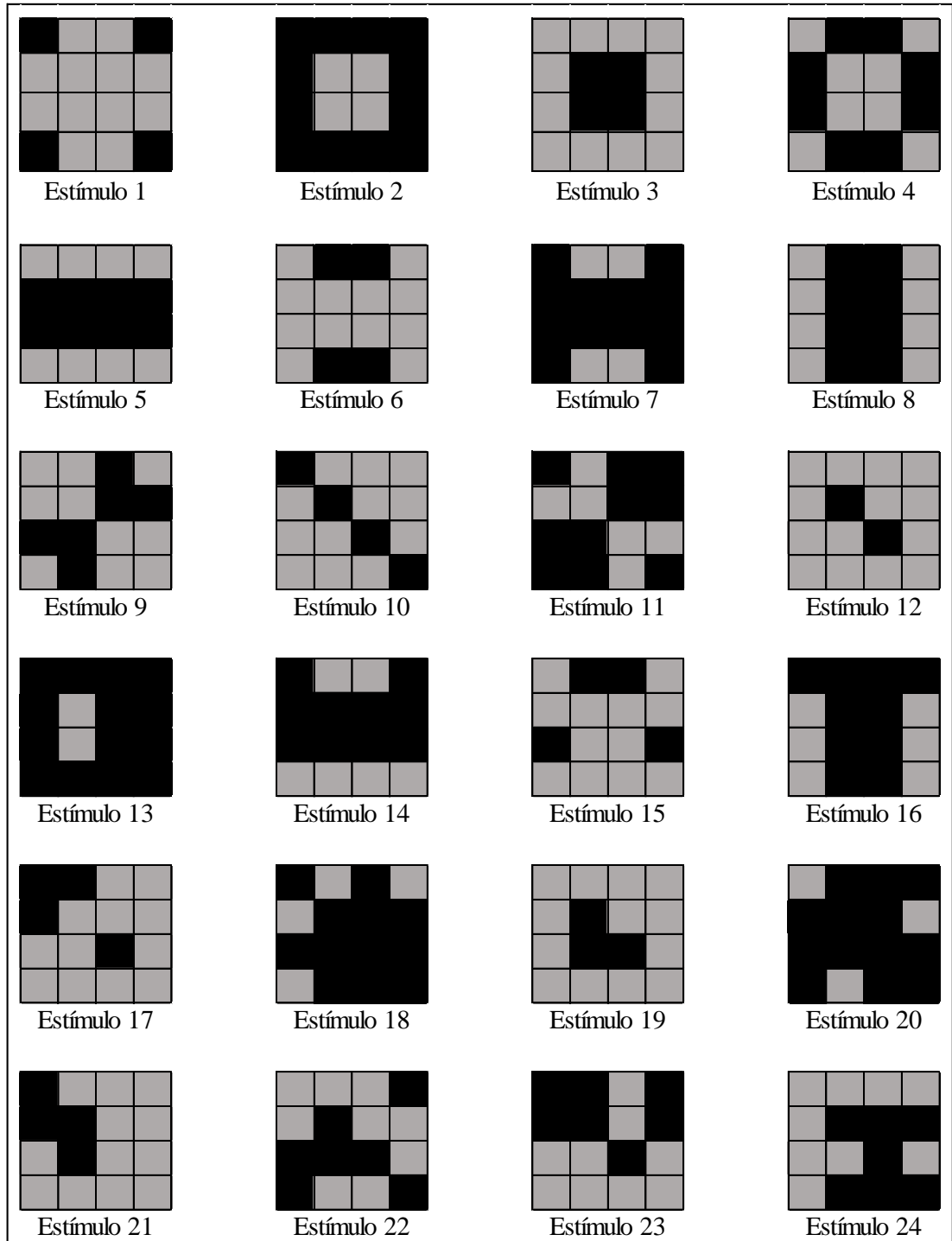
O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Vivian Resende'.

Profa. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO 4

As vinte e quatro figuras estímulo contidas na ECT (Soraci et al., 1990). Podem aparecer aleatoriamente durante a execução da tarefa.



ANEXO 5

CrITÉrios para classificaÇão da estrutura dos estÍmulos:

Coefficiente de adjacência = [(# adjacência retilínea) + ½ (# adjacência diagonal) / # células preenchidas]

Estrutura alta (A): Acima de 2 pontos.

Estrutura moderada (B): de 0,5 a 2 pontos.

Estrutura leve (C): 0 a 0,5 ponto.

Adjacência alta: > 0,75 ponto.

Adjacência baixa: 0 a 0,75 ponto.

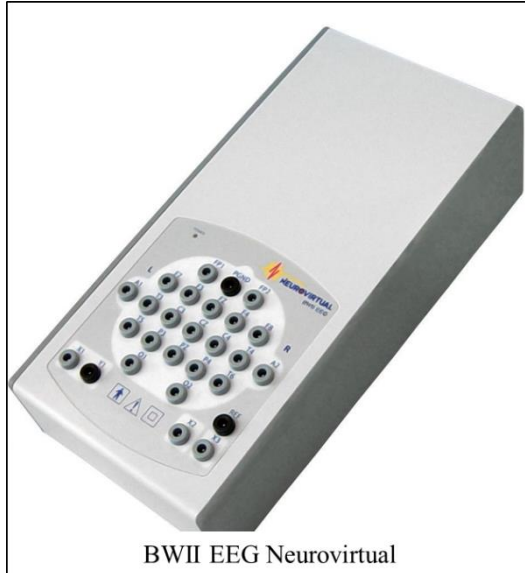
Simetria: Sim = 1 ponto; Não = 0 ponto.

Estímulo	Retilínea	Diagolinear	Nº Células Preenchidas	Simetria	Pontos	Estrutura	
1	0	0	4	1	1.00	B1	Moderadamente Estruturada
2	12	4	12	1	2.17	A	Altamente Estruturada
3	4	2	4	1	2.25	A	Altamente Estruturada
4	4	4	8	1	1.75	B1	Moderadamente Estruturada
5	10	6	8	1	2.63	A	Altamente Estruturada
6	2	0	4	1	1.50	B1	Moderadamente Estruturada
7	14	10	12	1	2.58	A	Altamente Estruturada
8	10	6	8	1	2.63	A	Altamente Estruturada
9	4	3	6	1	1.92	A	Altamente Estruturada
10	0	3	4	1	1.38	B1	Moderadamente Estruturada
11	8	5	10	1	2.05	A	Altamente Estruturada
12	0	1	2	1	1.25	B1	Moderadamente Estruturada
13	17	10	14	1	2.57	A	Altamente Estruturada
14	12	8	10	1	2.60	A	Altamente Estruturada
15	1	0	4	1	1.25	B1	Moderadamente Estruturada
16	12	6	10	1	2.50	A	Altamente Estruturada
17	2	1	4	1	1.63	B1	Moderadamente Estruturada
18	14	13	12	1	2.71	A	Altamente Estruturada
19	2	1	3	1	1.83	B1	Moderadamente Estruturada
20	16	13	13	1	2.73	A	Altamente Estruturada
21	14	9	12	1	2.54	B2	Levemente Estruturada
22	4	4	7	0	0.86	B2	Moderadamente Estruturada
23	5	4	7	0	1.00	B2	Moderadamente Estruturada
24	6	4	7	0	1.14	B2	Moderadamente Estruturada

Fonte: Soraci et al. (1992).

ANEXO 6

Instrumentos para eletroencefalografia utilizados no estudo.



Fonte: Neurovirtual (2009). *Manual do Usuário BWII EEG PSG* (Ed. rev.).



Fonte: <https://kandel.com.br/acessorios/eeg/>



Fonte: <https://kandel.com.br/acessorios/eeg/>

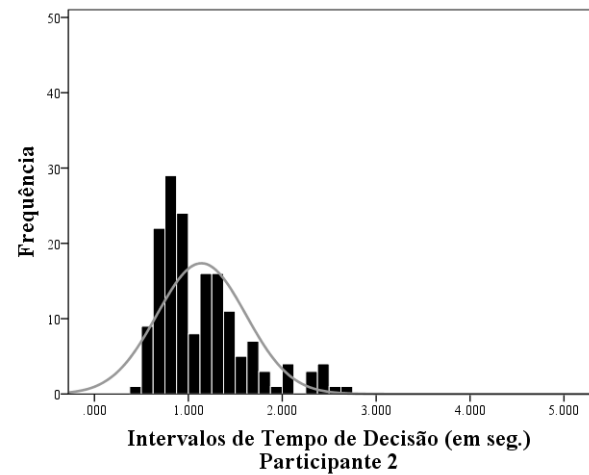
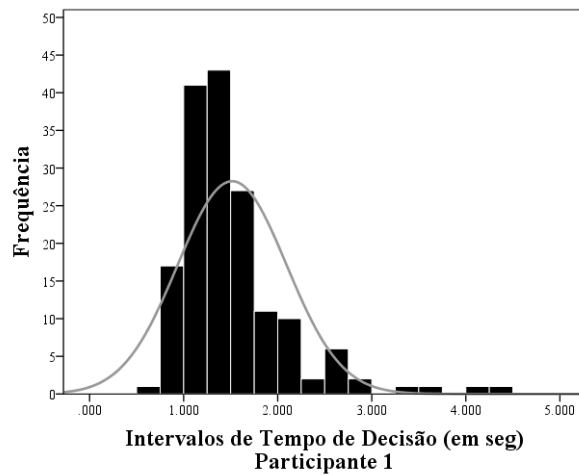
ANEXO 7

Dados estatísticos, representações gráficas de histograma e dispersão relativas aos tempos de decisão obtidos através da aplicação da ECT no estudo piloto.

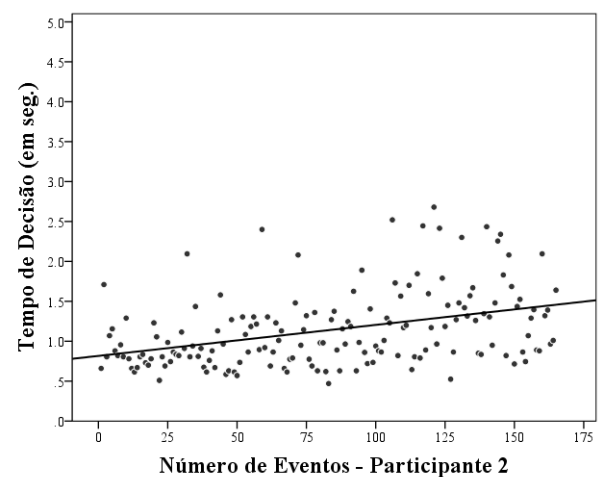
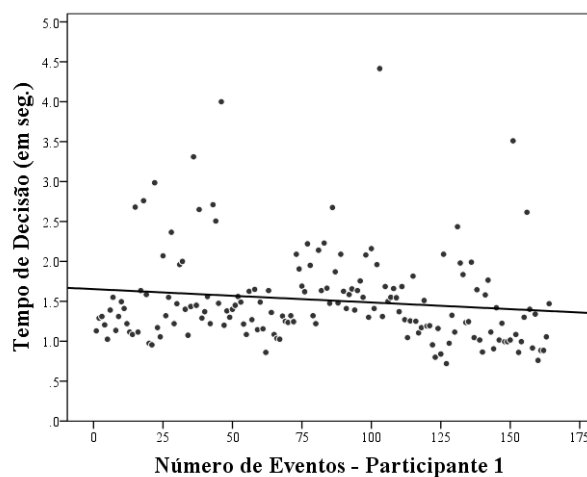
- Dados estatísticos:

Participante	QI Total	Número de eventos de Tempo de Decisão	Tempo Médio de Decisão (em seg.)	Desvio Padrão
1	111	164*	1,515	0,58
2	142	165*	1,139	0,47

- Gráficos Histograma:



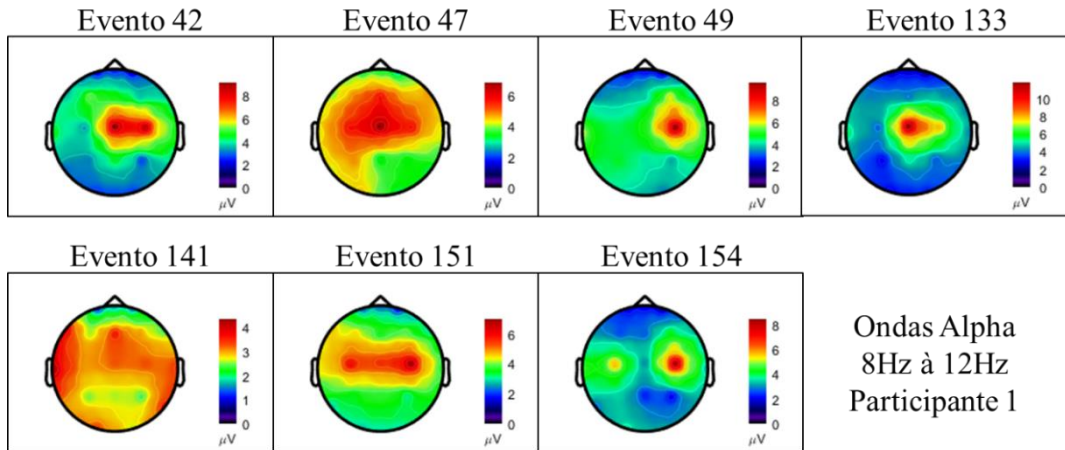
- Gráficos Dispersão:



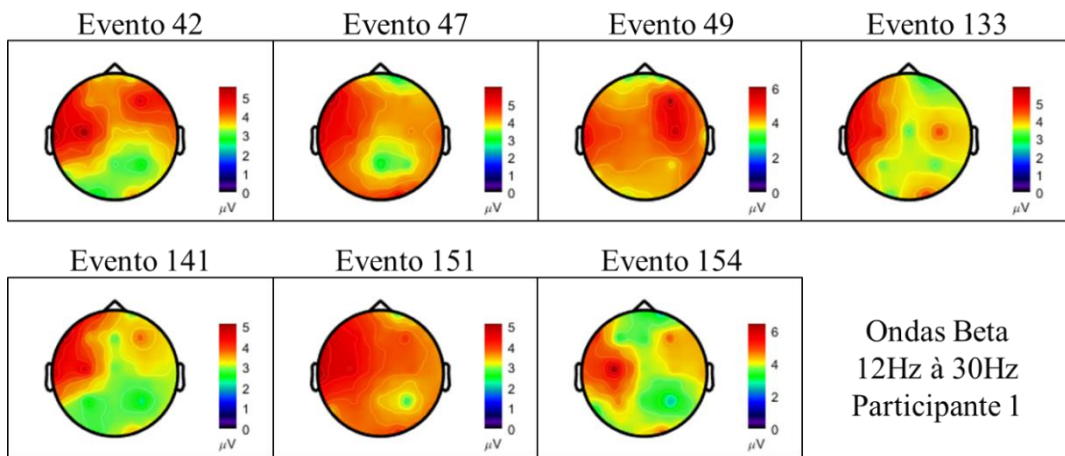
ANEXO 8

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas da participante 1 – Estudo Piloto – durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

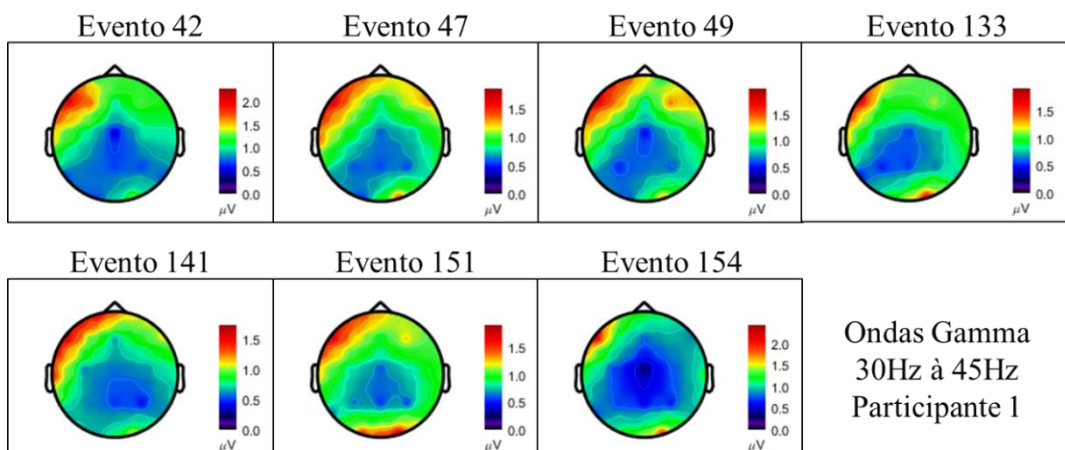
- Ondas Alpha (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

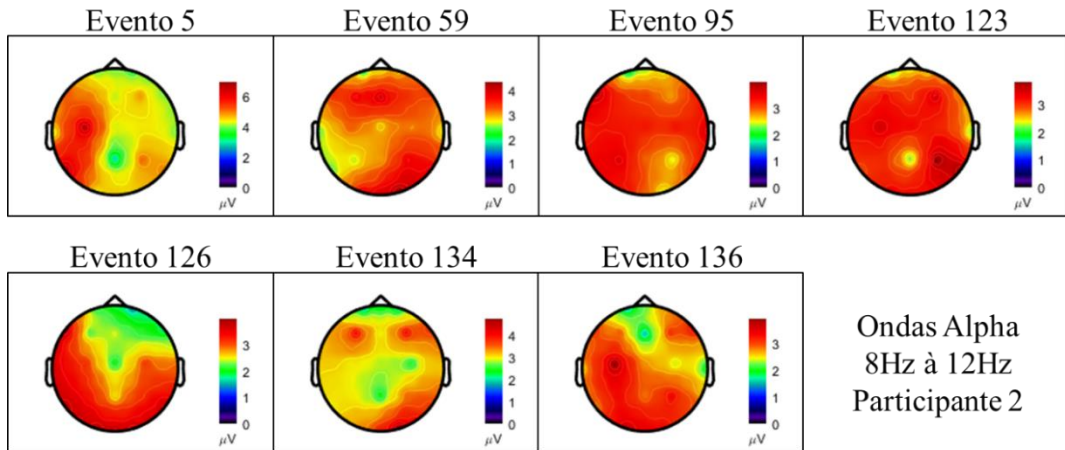


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

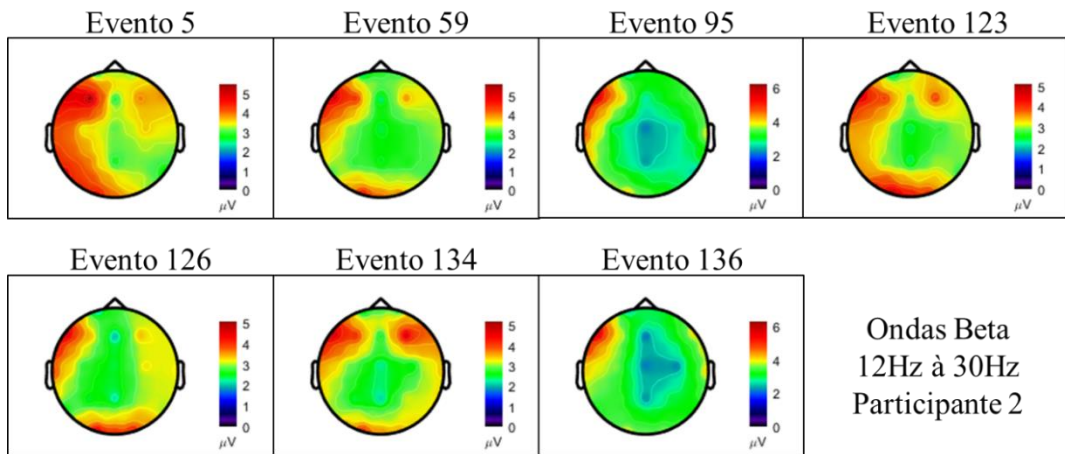
ANEXO 9

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas da participante 2 – Estudo Piloto – durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

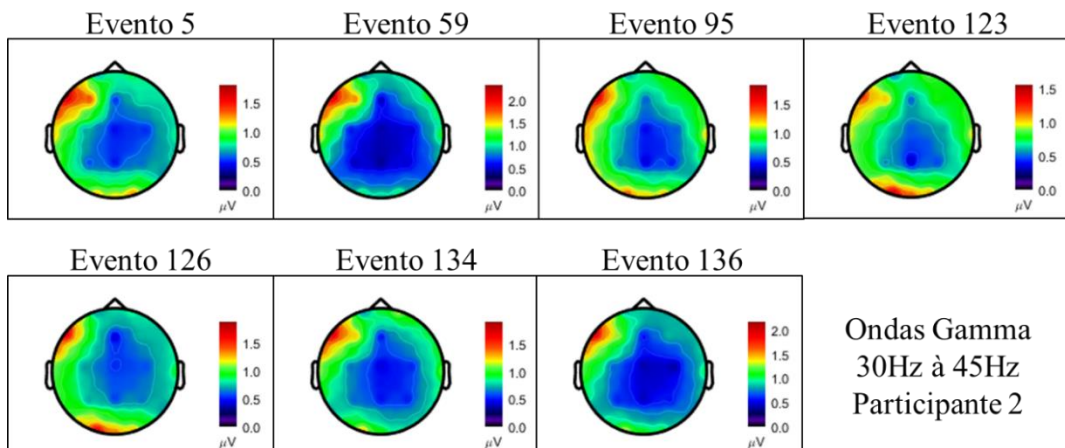
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



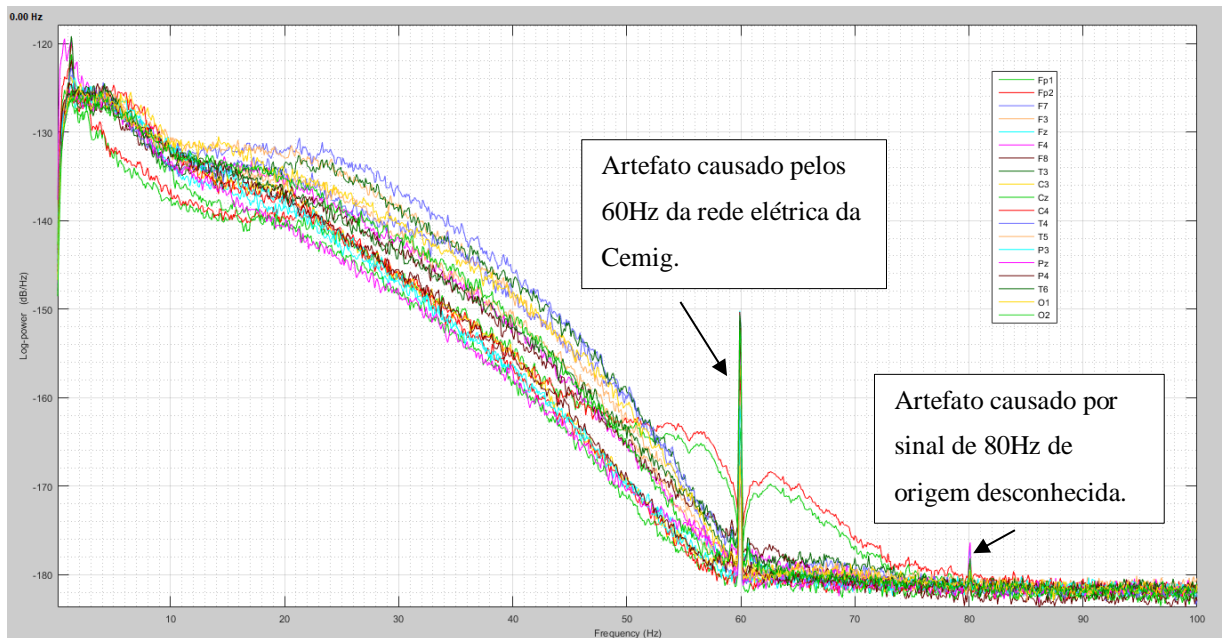
- Ondas Gama (amplitudes em μV e com valores absolutos):



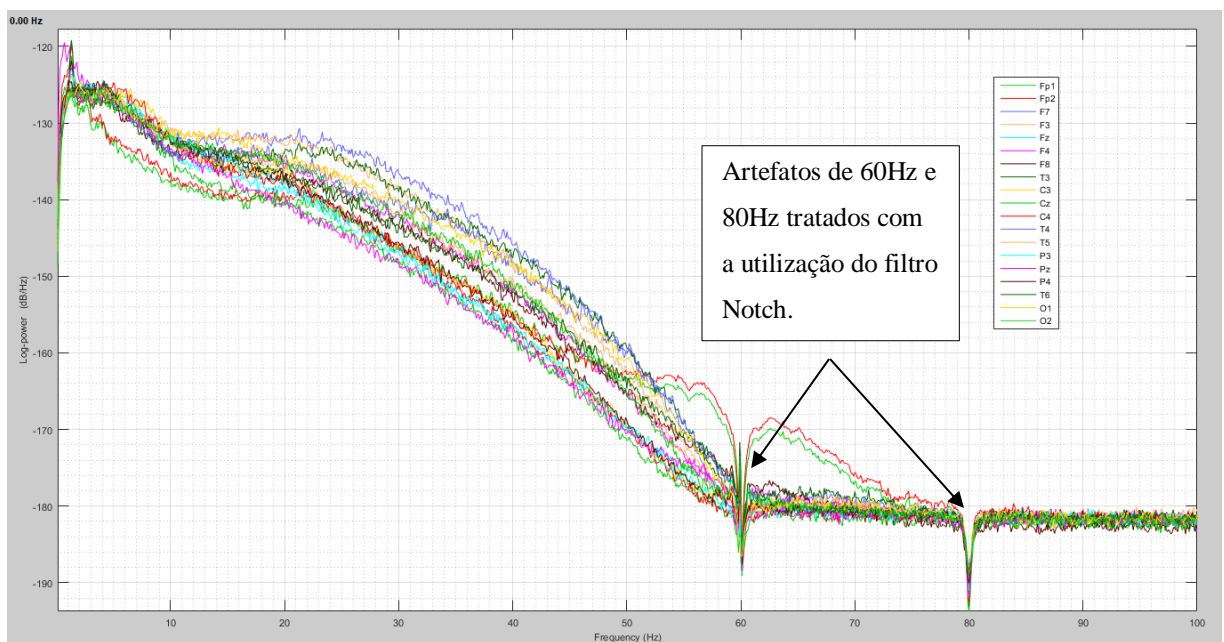
Fonte: Adaptada de Brainstorm.

ANEXO 10

Espectro de frequência com artefatos referentes aos 60Hz (da rede elétrica da Cemig) e 80Hz (origem desconhecida).



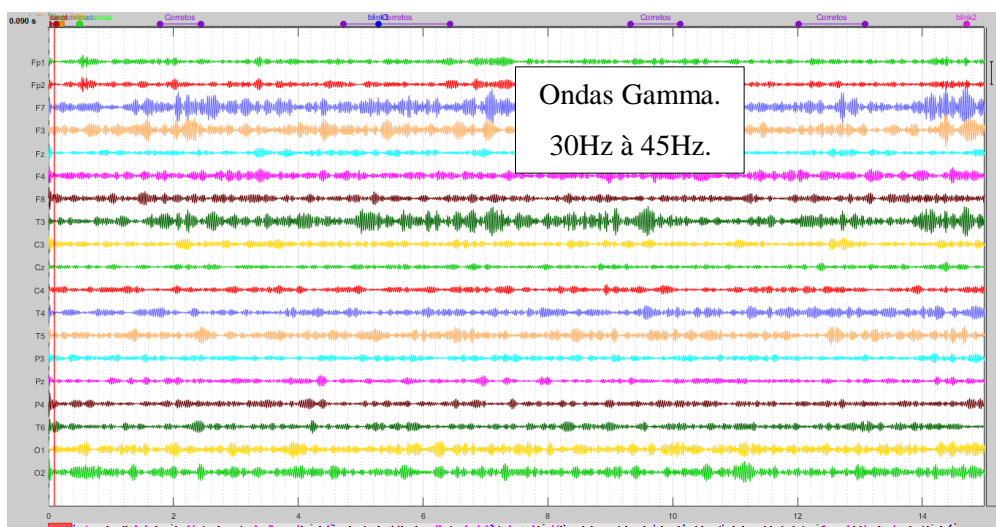
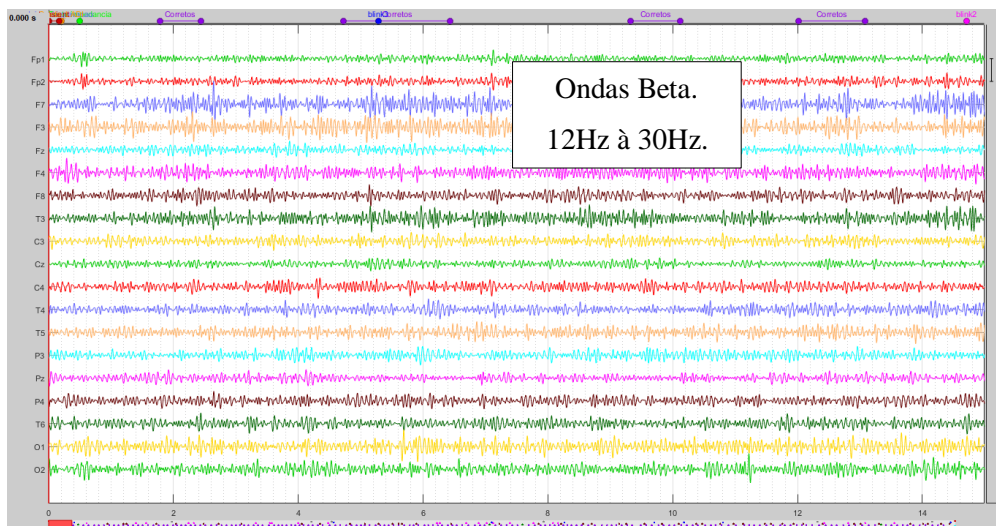
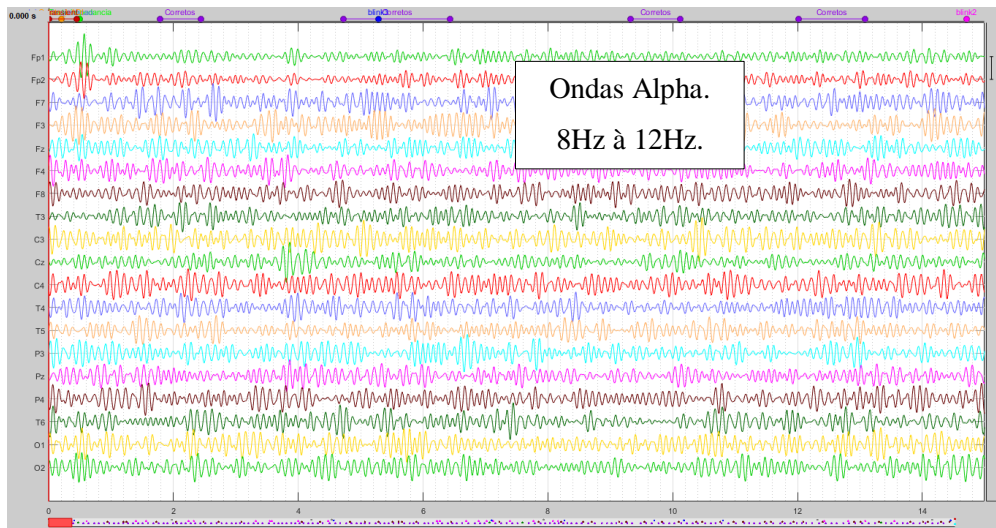
Espectro de frequência com artefatos de 60Hz e 80Hz removidos através do filtro Notch.



Fonte: Adaptada de Brainstorm.

ANEXO 11

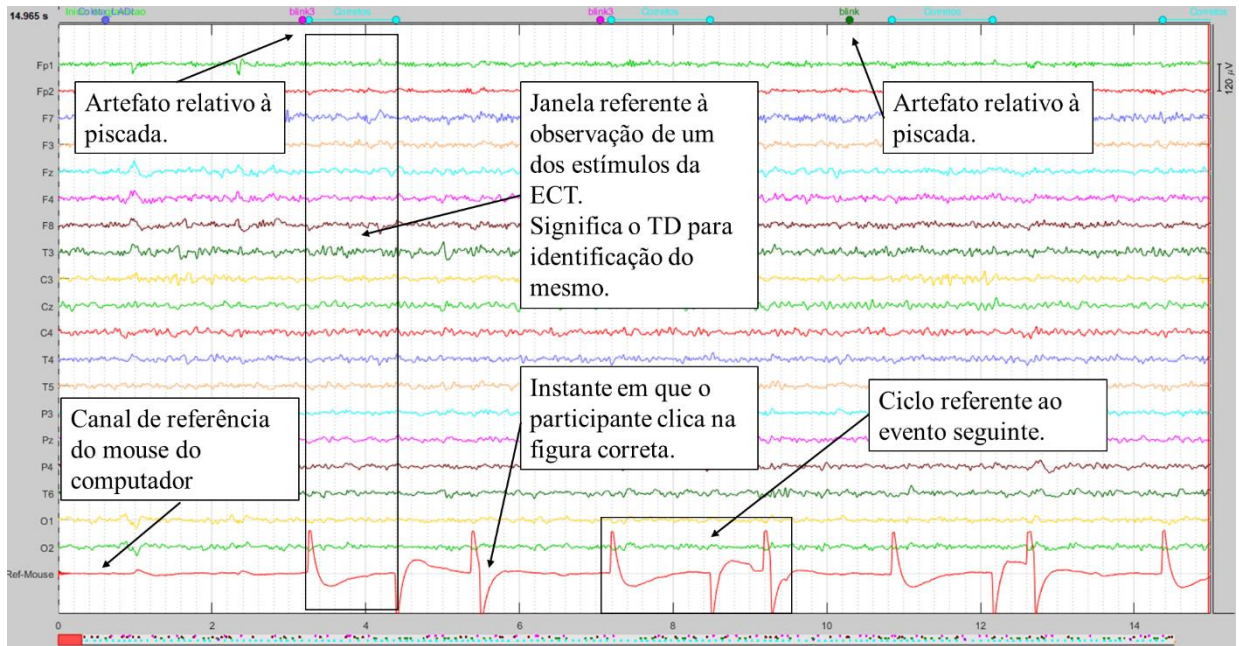
Dados contínuos de EEG filtrados para as frequências Alpha, Beta e Gamma.



Fonte: Adaptada de Brainstorm.

ANEXO 12

Dados contínuos de EEG em que podem ser observados eventos de tempo de decisão relativos às observações dos estímulos da ECT, além de alguns artefatos causados por piscadas e movimentos oculares e o canal de referência do EEG (que permitiu a correta marcação e seleção dos TD), registrados durante a aplicação da ECT em um dos participantes.

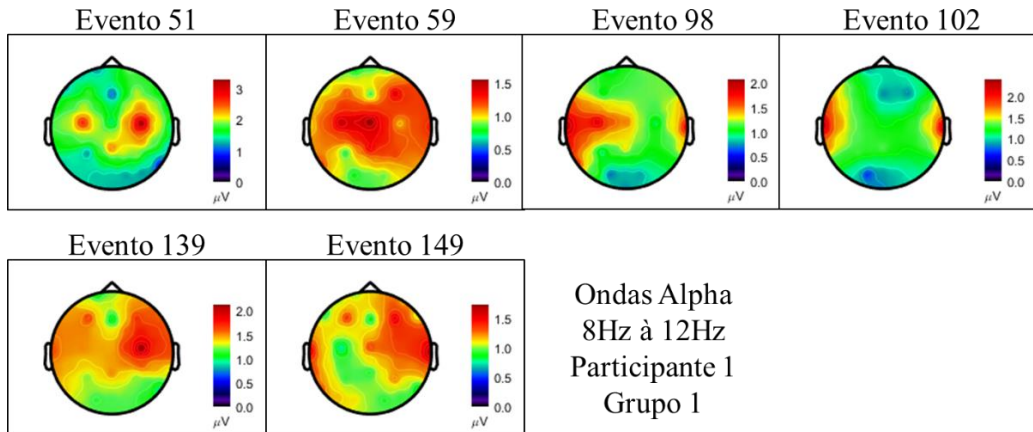


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

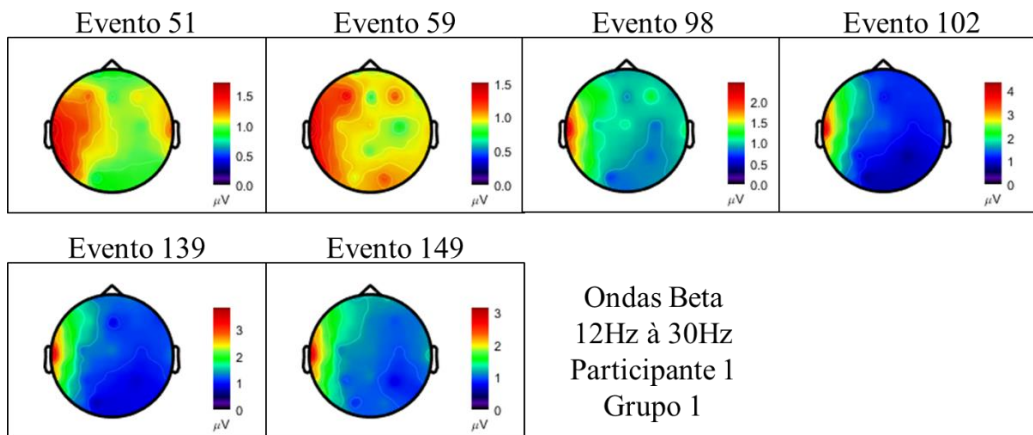
ANEXO 13

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 1 (Grupo 1) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

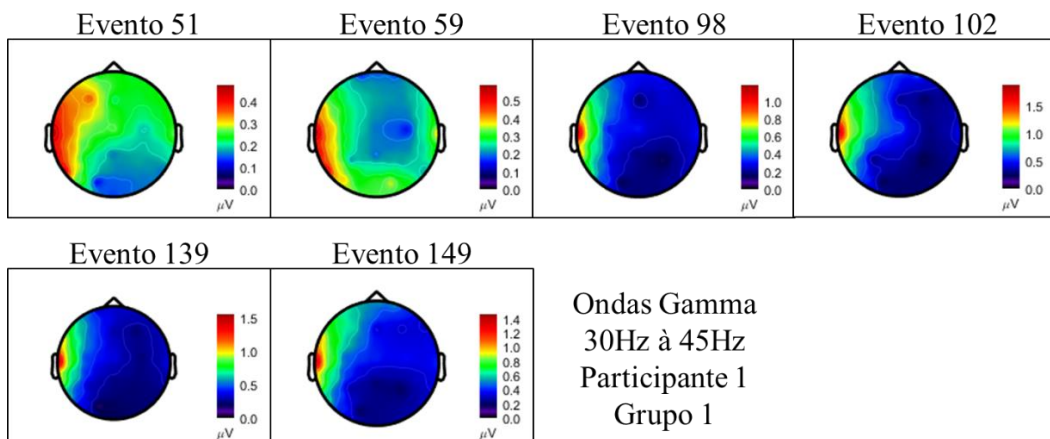
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

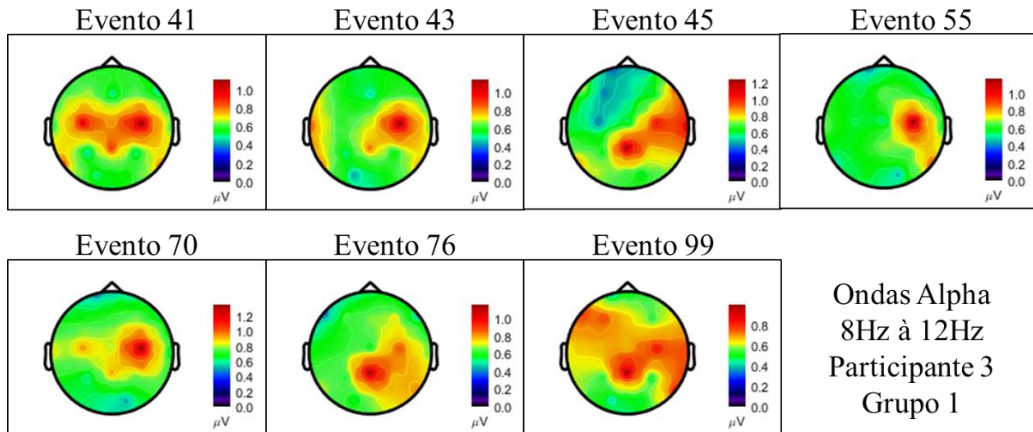


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

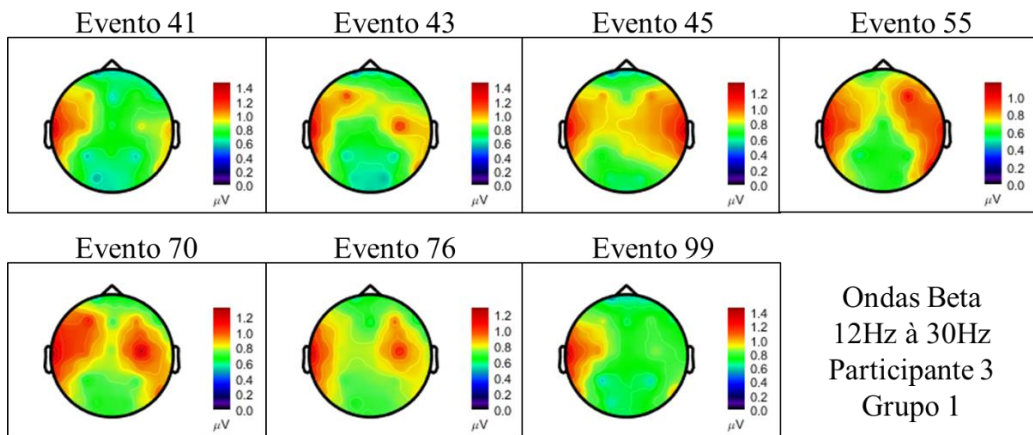
ANEXO 14

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 3 (Grupo 1) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

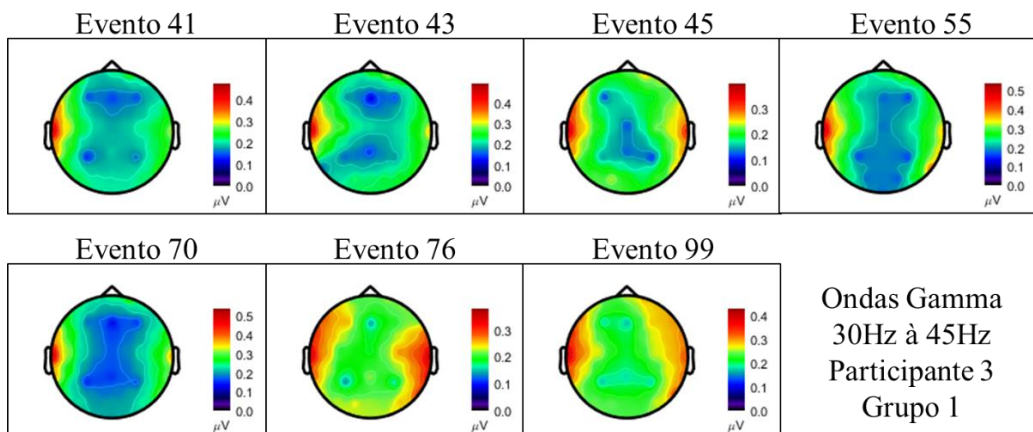
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

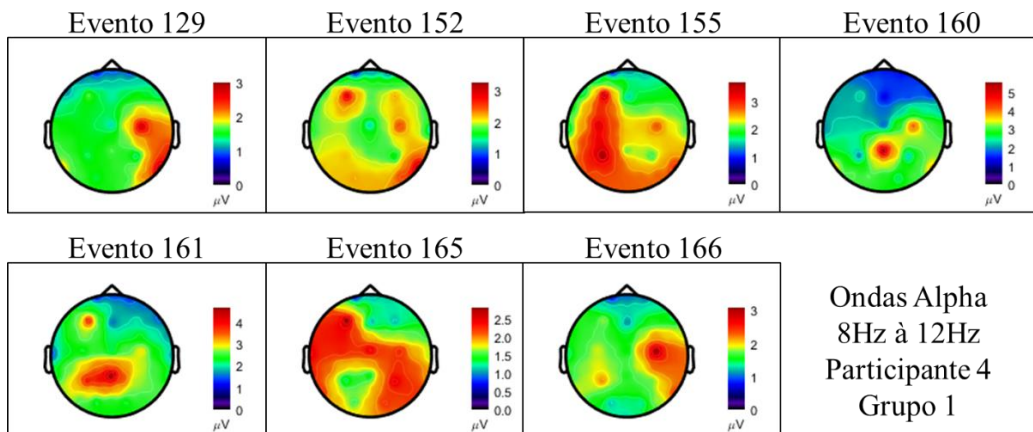


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

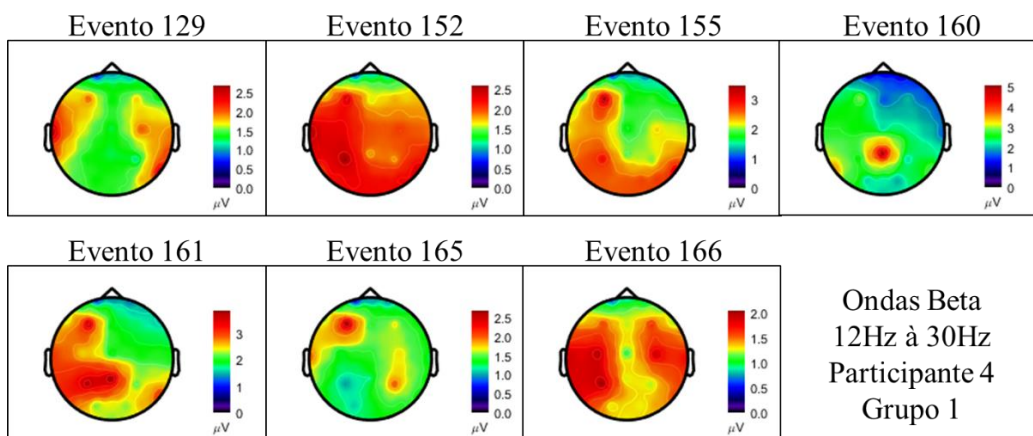
ANEXO 15

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 4 (Grupo 1) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

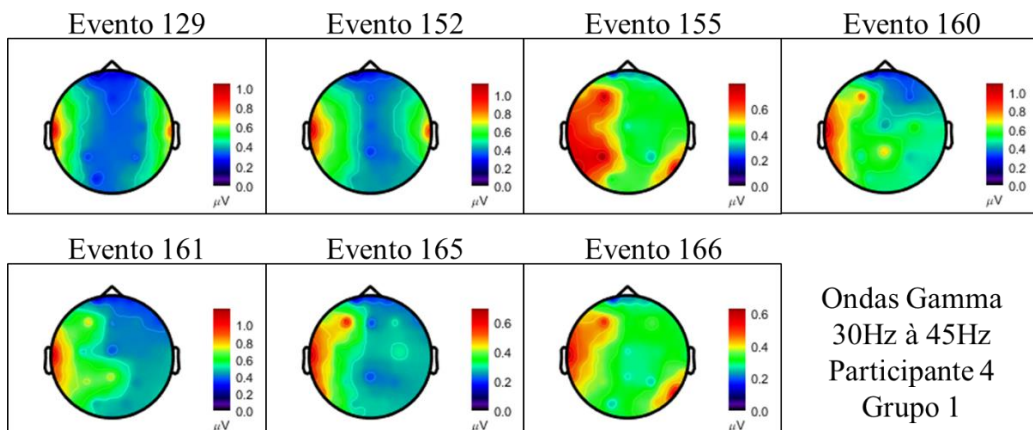
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

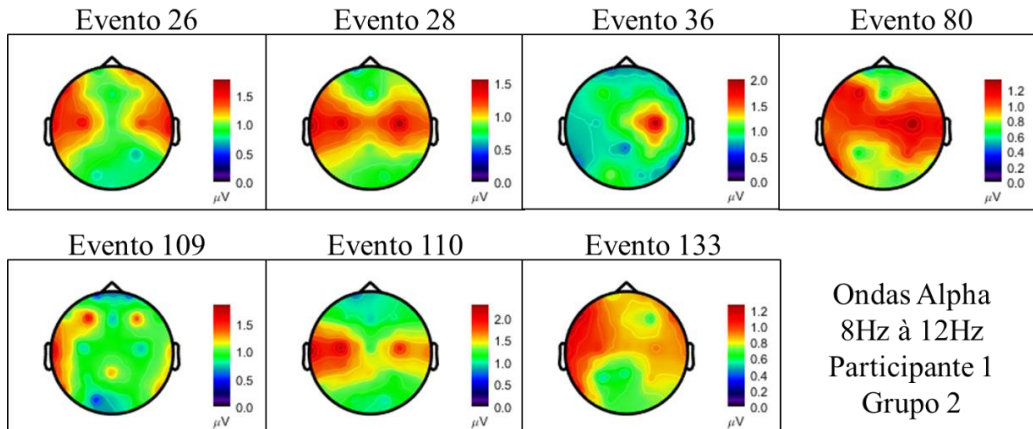


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

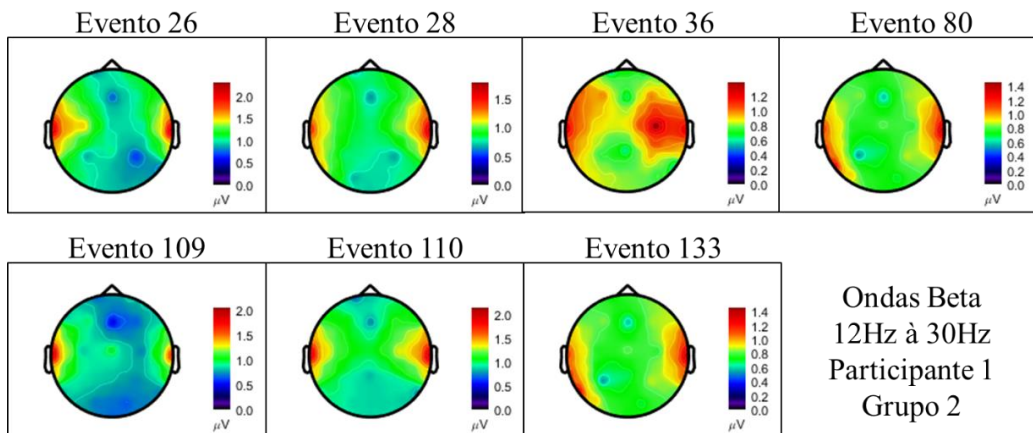
ANEXO 16

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 1 (Grupo 2) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

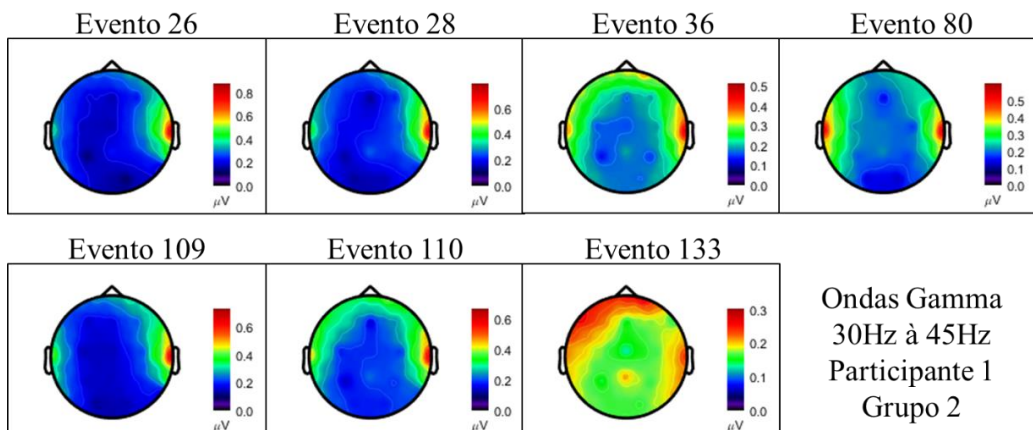
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

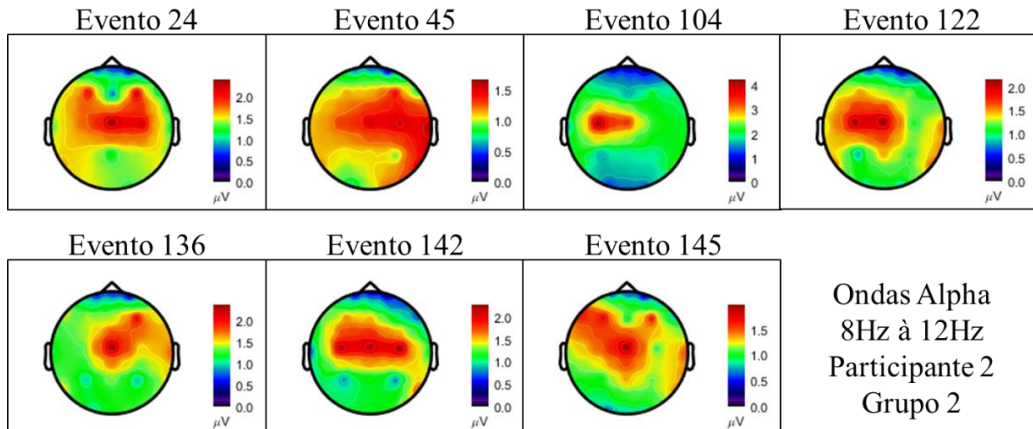


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

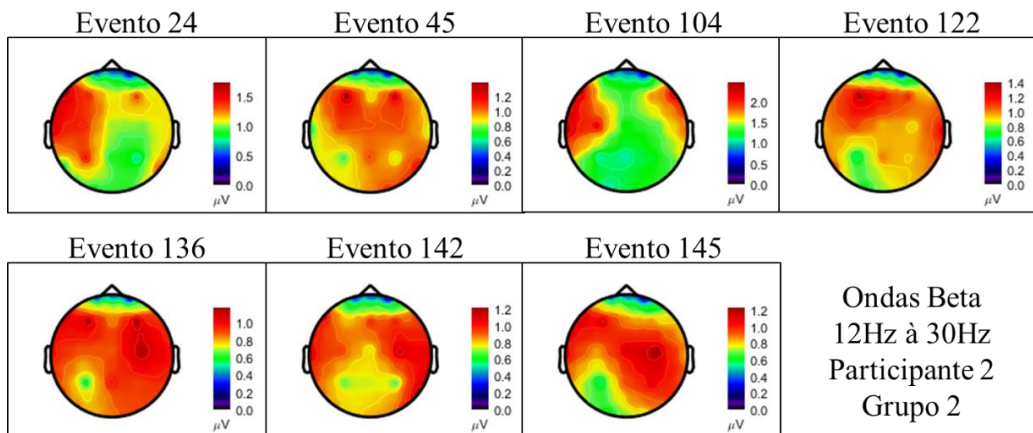
ANEXO 17

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 2 (Grupo 2) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

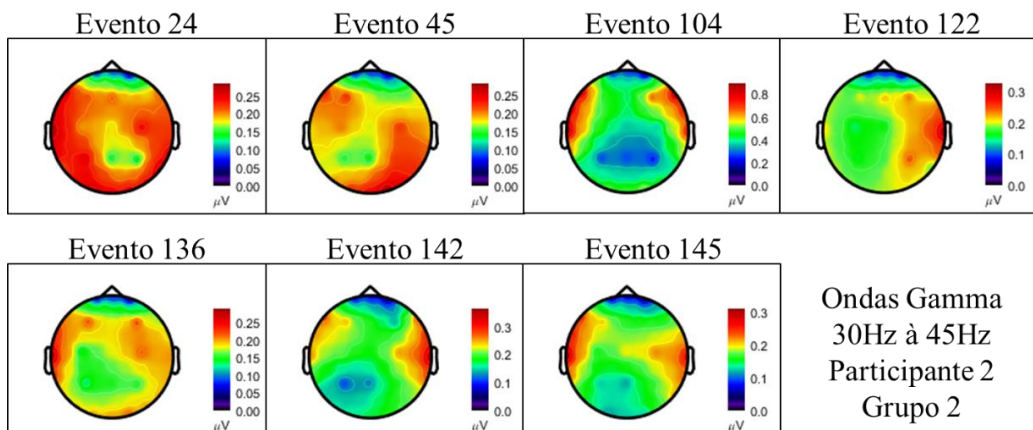
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

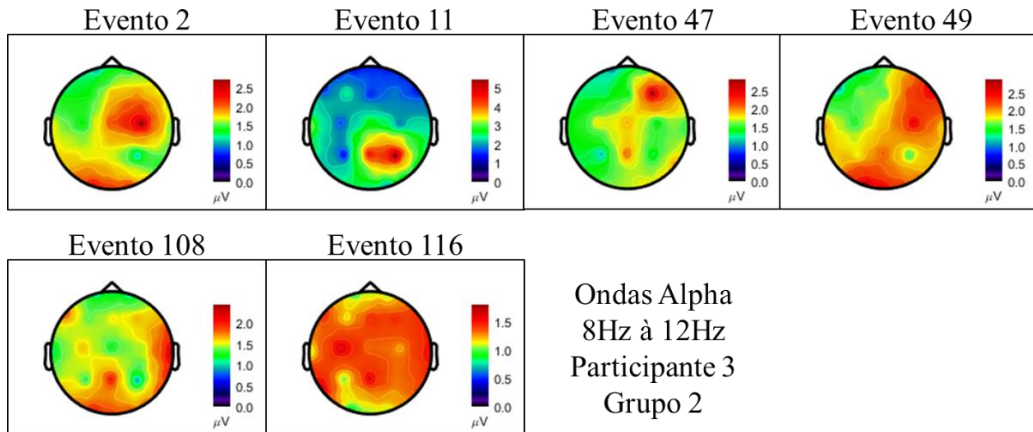


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

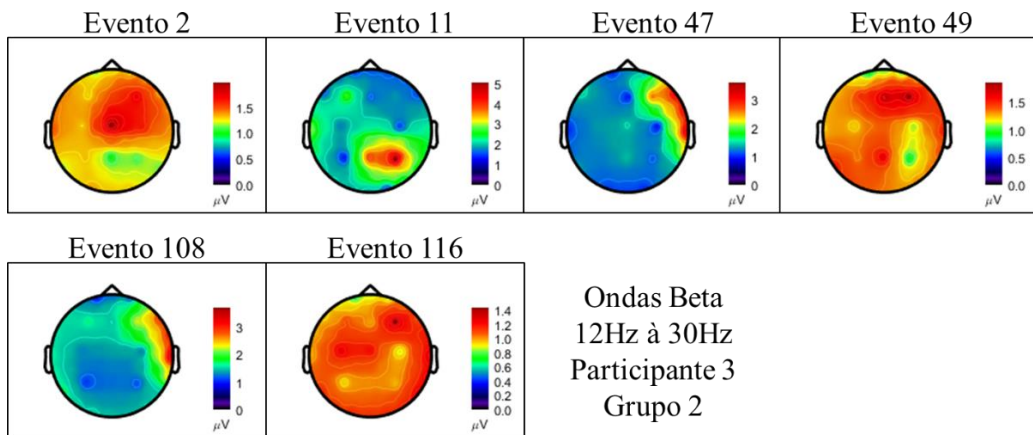
ANEXO 18

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 3 (Grupo 2) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

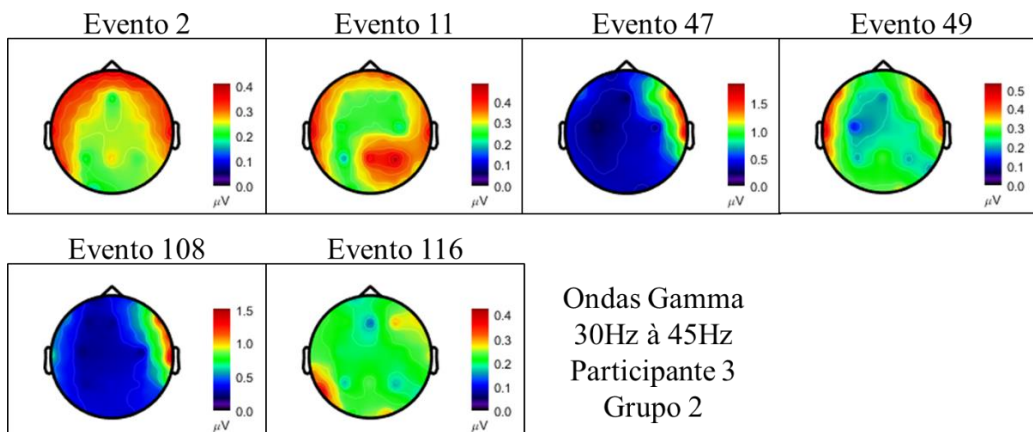
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

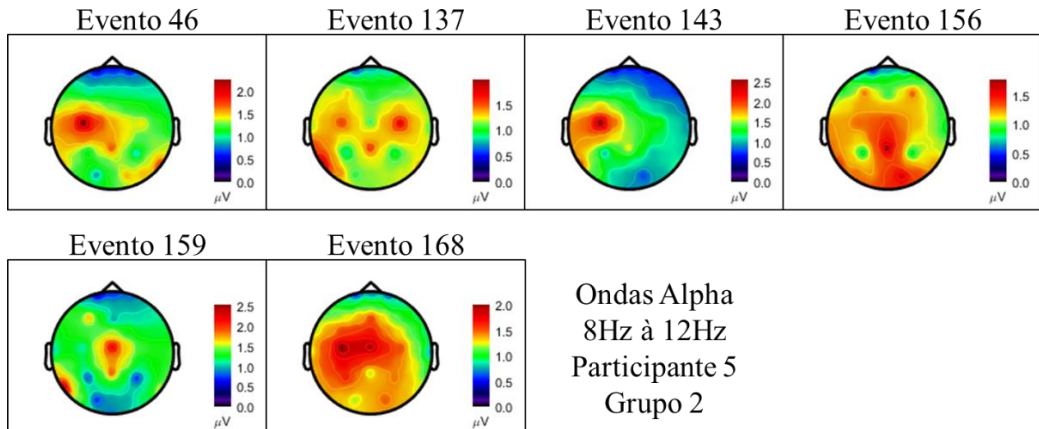


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

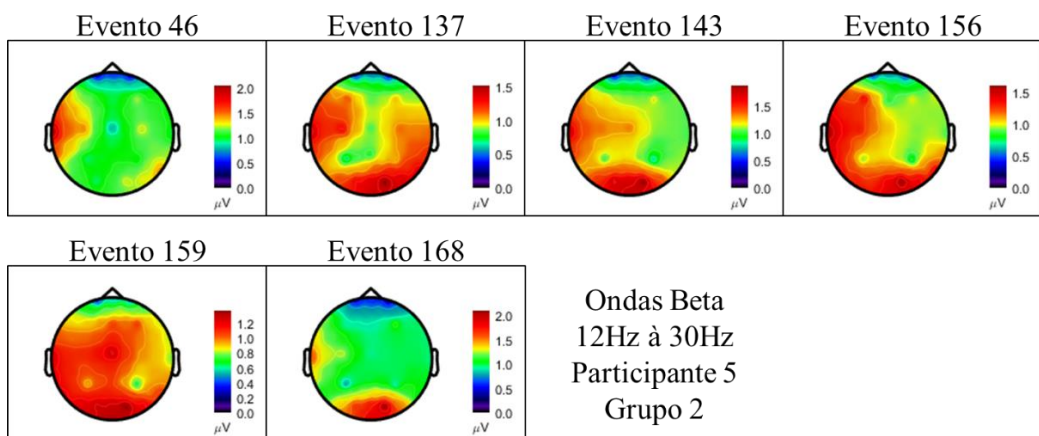
ANEXO 19

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 5 (Grupo 2) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

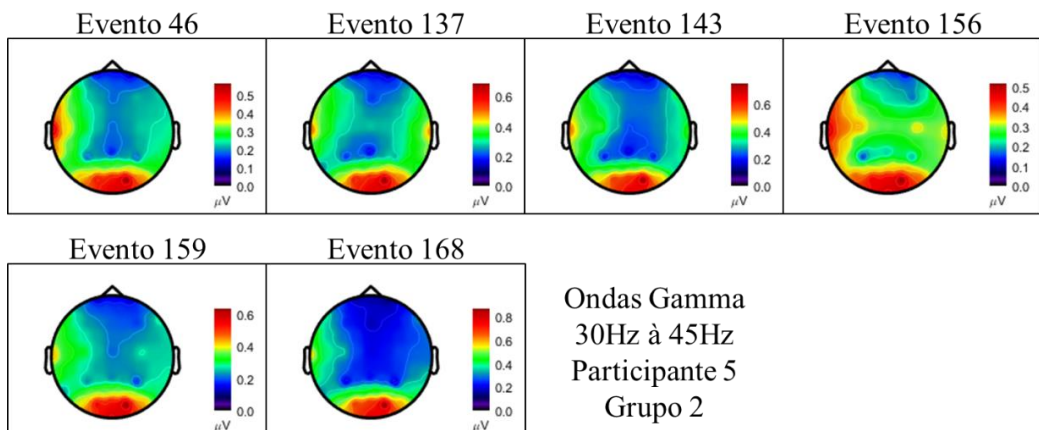
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

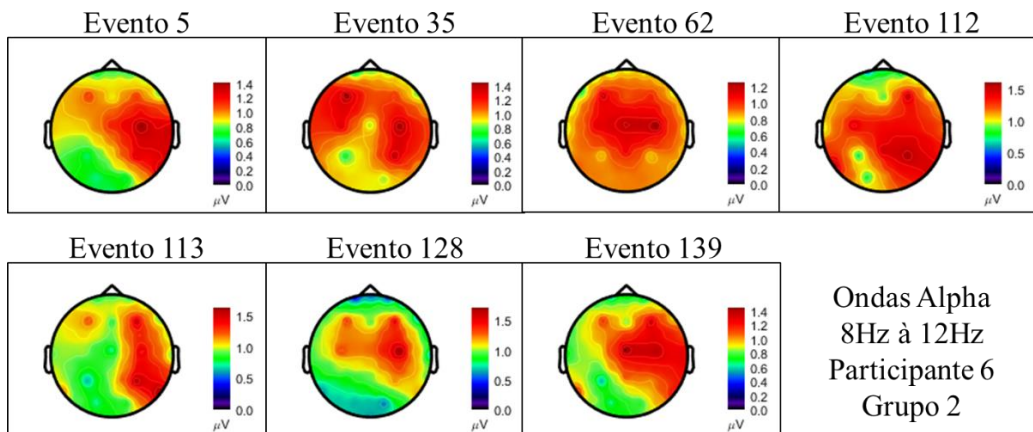


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

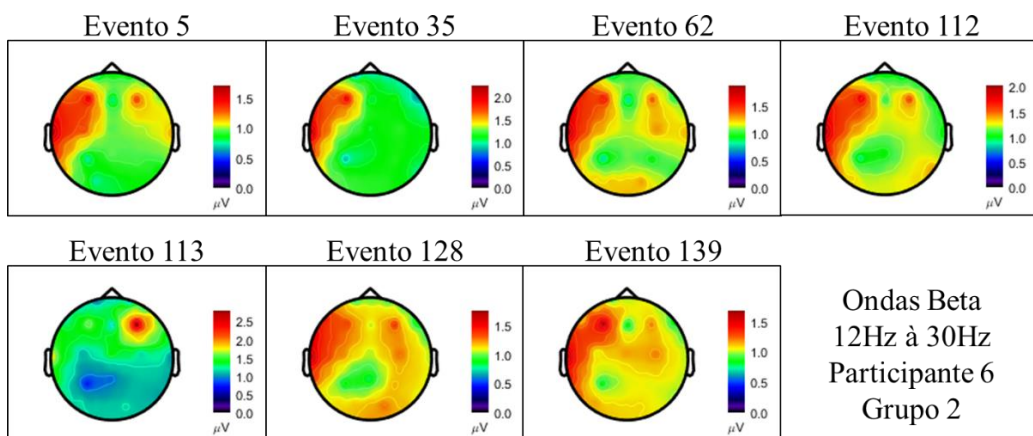
ANEXO 20

Representações topográficas com as distribuições das ondas elétricas cerebrais obtidas do participante 6 (Grupo 2) durante observação da figura estímulo 22. O evento em que o estímulo apareceu, ao longo da aplicação da ECT, também pode ser observado.

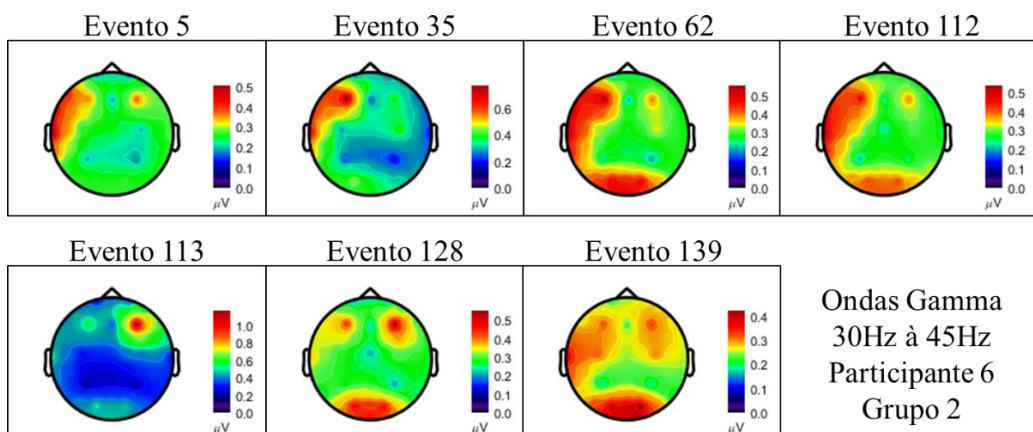
- Ondas Alfa (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Beta (amplitudes em μV e com valores absolutos):



- Ondas Gamma (amplitudes em μV e com valores absolutos):

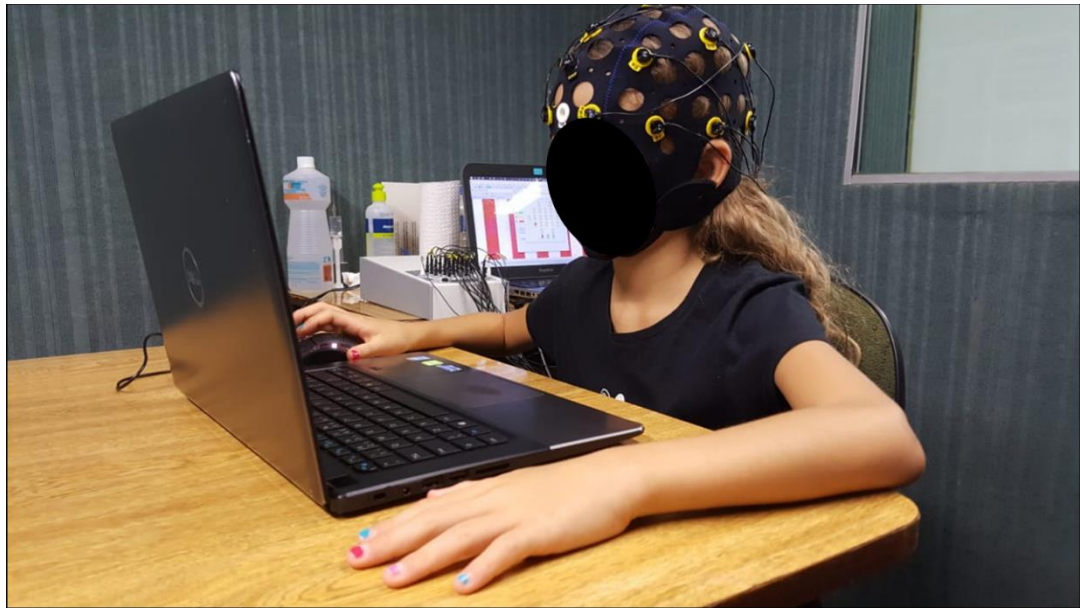


Fonte: Adaptada de Brainstorm.

ANEXO 21

Sala com isolamento acústico preparada para aplicação da ECT e coleta EEG.

Percebe-se, ao fundo, o equipamento EEG e o notebook utilizado para coleta de dados.



Autora da fotografia: Magda Rosa.

O uso da imagem foi autorizado pelos pais da criança.