



ESCOLA SUPERIOR DE  
TECNOLOGIA DA SAÚDE  
DE LISBOA



INSTITUTO  
POLITÉCNICO  
DE LISBOA

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA**

**Avaliação por fMRI do córtex visual, motor e auditivo  
através de estimulação sensoriomotora e sonora em  
desportistas invisuais e desportistas sem deficiência  
visual**

CATARINA ANDRADE TELES DE VITERBO CORREIA

Doutor Hugo Ferreira, Prof. Auxiliar – Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica,  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Mestre Maria Margarida Ribeiro, Prof<sup>a</sup>. Adjunta – Escola Superior de Tecnologia da  
Saúde de Lisboa – ESTeSL

Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde  
Ramo: Imagem por Ressonância Magnética

Lisboa, 2014

---

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA**

**Avaliação por fMRI do córtex visual, motor e auditivo  
através de estimulação sensoriomotora e sonora em  
desportistas invisuais e desportistas sem deficiência  
visual**

CATARINA ANDRADE TELES DE VITERBO CORREIA

Doutor Hugo Ferreira, Prof. Auxiliar – Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica,  
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Mestre Maria Margarida Ribeiro, Prof<sup>ª</sup>. Adjunta – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de  
Lisboa – ESTeSL

**Júri:**

- Arguente: Prof. Doutor Alexandre Andrade – Faculdade de Ciências da Universidade  
de Lisboa, Unidade de Investigação - IBEB

- Arguente: Prof. Doutor João O'Neill – Faculdade de Ciências Médicas da UNL.

- Presidente: Prof. Doutor Luís Freire – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de  
Lisboa - ESTeSL

Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde  
Ramo: Imagem por Ressonância Magnética

Lisboa, 2014

A Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor e que tal não viole nenhuma restrição imposta por artigos publicados que estejam incluídos neste trabalho

Esta dissertação deu origem a uma comunicação por painel a apresentar no Meeting of the Organization for Human Brain Mapping 2014. June 8-12 Hamburg, Germany.

Esta dissertação não está de acordo com o novo Acordo Ortográfico

## Agradecimentos

Na preparação, realização e redacção deste trabalho, tive a oportunidade e a satisfação de poder contar com o apoio de inúmeras pessoas que, directa ou indirectamente, contribuíram para a concretização da presente dissertação.

É com muita satisfação e gratidão que expresso, aqui, o meu mais profundo agradecimento a todos aqueles que o tornaram possível.

Assim, gostaria de agradecer expressamente:

- Aos meus orientadores, Professor Hugo Ferreira e Professora Margarida Ribeiro, por toda a disponibilidade, dedicação e orientação para a realização desta dissertação, mas, acima de tudo, pela paciência e simpatia com que sempre me receberam;
- À Direcção do Hospital CUF Descobertas e especialmente ao Dr. Pinto Figueiredo, Director do Serviço de Radiologia, pela disponibilização de recursos técnicos e humanos que permitiram a sua realização;
- Ao colega e amigo Nuno Martins pela sua disponibilidade e colaboração na aquisição dos exames;
- A todos os atletas/voluntários do Clube Judo Total e do Judo Clube Lisboa, que participaram neste estudo, o meu especial obrigada, pois sem eles não seria possível concretizá-lo;
- Ao Judo Clube Total na pessoa do Eng. Costa e Oliveira e dos Mestres Fernando Seabra e Jerónimo Ferreira pelo seu apoio e a forma como permitiram o contacto com os seus judocas;
- A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo incondicional.

Por fim, nunca poderei esquecer o constante apoio, entusiasmo e estímulo dos meus Pais e, por último, a ti João, obrigada pelo apoio incondicional, carinho, motivação e compreensão durante esta etapa.

## RESUMO

A Ressonância Magnética funcional (fMRI) é hoje uma ferramenta fundamental na investigação funcional do cérebro humano quer em indivíduos saudáveis quer em doentes com as mais diversas patologias. É um método de diagnóstico complexo que necessita de uma aplicação cuidada e rigorosa e uma compreensão dos mecanismos biofísicos a ele subjacentes, de modo a serem obtidos resultados fiáveis e com melhor aceitação clínica.

O efeito dependente do nível de oxigenação do sangue (BOLD) é o método mais utilizado para medir e estudar a actividade cerebral e baseia-se nas alterações das propriedades magnéticas da molécula de hemoglobina do sangue.

Esta investigação tem por objectivo principal verificar as diferentes respostas cerebrais, nas áreas da visão, audição e motora, em atletas de judo deficientes visuais e a sua comparação com judocas normovisuais

As imagens foram adquiridas com recurso fMRI, realizada com o efeito BOLD, com diferentes paradigmas: sonoro, motor e sensório-motor. Foram estudados 12 atletas de judo, 6 com deficiência visual e 6 normovisuais.

As imagens foram processadas com o auxílio do software FSL e mais propriamente com as seguintes ferramentas: *MELODIC* e *FEAT* (<http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/>).

Foi observada a activação do córtex visual em ambos os grupos de voluntários (atletas de judo deficientes visuais e normovisuais) quando receberam um estímulo verbal associado a uma acção motora. O que leva a concluir que a perda de visão não leva à permanente inactivação do córtex visual. A cegueira leva, assim, à adaptação do córtex visual para a análise de informações de outros órgãos dos sentidos, em particular auditivas e tácteis (plasticidade cerebral).

Esta investigação contribui, assim, para: o conhecimento e desenvolvimento de estudos na área da ressonância magnética funcional vocacionados para o apoio à prática desportiva de atletas com deficiência visual; orientar os clínicos nas decisões terapêuticas em casos de doenças indutivas de deficiência visual e; melhorar as metodologias de treino e a eficiência na comunicação entre os treinadores e os atletas com este handicap.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Ressonância Magnética funcional (fMRI), BOLD, córtex visual, deficiência visual (congénita ou adquirida), judo.

## ABSTRACT

Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) is today an essential tool in human brain functional research, allowing us to study the brain of healthy individuals and patients. It is a complex technique that requires a careful and rigorous application and a knowledge of the biophysical mechanisms related to it, so that more reliable results are obtained as well as clinical acceptance.

The Blood Oxygen Level Dependent (BOLD) is the most used method to measure and to study brain activity via MRI and is based on changes in the magnetic properties of the hemoglobin molecule.

The main aim of this project is to verify the different brain responses in vision, hearing and motor areas in blind judo athletes and compare them with sighted judo athletes. Images were acquired using fMRI, performed with the BOLD effect, in different paradigms: motor execution, motor imagery and sensory touch. We studied 12 judo athletes, 6 visually impaired and 6 sighted.

The images were processed with aid of the FSL software and more specifically with the following tools: MELODIC and FEAT (<http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/>).

In both groups of volunteers (sighted and blind athletes) the visual cortex was observed when they received a verbal stimulus associated with a motor action. This takes to the conclusion that vision loss does not lead to permanent inactivation of the visual cortex. Blindness leads to an adaptation of the visual cortex for analyzing information from other sense organs, particularly auditory and tactile (brain plasticity).

Thus, this research contributes to: understanding and development of studies in functional MRI geared to support the sport for athletes with a visual impairment; guide clinical treatment decisions in cases of inductive diseases and visual impairment, and; improve training methodologies and effective communication between coaches and athletes with this handicap.

## KEYWORDS

Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), BOLD, visual cortex, visual impairment (congenital or acquired), judo.

## Índice Geral

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. CONCEITOS GERAIS .....	3
2.1 Ressonância magnética funcional .....	7
2.1.1 Paradigmas.....	14
2.1.2 Obtenção de mapas funcionais do córtex cerebral.....	17
2.2 Anatomia cerebral.....	19
2.3 Deficiência visual.....	22
2.3.1 Definição .....	22
2.3.2 Diferentes tipos de Deficiência Visual .....	23
2.3.3 Plasticidade cerebral.....	25
2.4 Desporto em atletas com deficiência visual .....	27
2.4.1 Características motoras do deficiente visual .....	29
2.4.2 O judo .....	30
III. METODOLOGIA .....	33
3.1 Local da aplicação do estudo .....	33
3.2 Considerações Prévias.....	33
3.3 Equipamento utilizado.....	33
3.4 Caracterização da amostra.....	33
3.5 Procedimento do exame.....	35
3.5.1 Preparação do voluntário .....	35
3.5.2 Exame.....	35
3.5.3 Pré-teste .....	39
3.6 Processamento de imagem .....	39
3.6.1 Processamento dos dados no FSL .....	40
IV. RESULTADOS .....	42
4.1 Resultados relativamente ao paradigma de execução motora.....	42
4.2 Resultados relativamente ao paradigma de imagética motora .....	46
4.3 Resultados relativamente ao paradigma sensorial táctil .....	50

---

V. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	54
5.1 Tipo de paradigma.....	54
5.2 Análise das imagens .....	54
5.2.1 Paradigma de execução motora.....	54
5.2.2 Paradigma de imagética motora .....	56
5.2.3 Paradigma sensorial táctil .....	58
VI. CONCLUSÃO.....	60
VII. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	62
VIII. ESTUDOS FUTUROS .....	63
IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXO I.....	68
ANEXO II .....	72
ANEXO III .....	75

---

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Classificação da Deficiência Visual .....	18
Tabela 3.1 – Dados dos judocas com deficiência visual.....	34
Tabela 3.2 - Dados dos judocas normovisuais.....	34
Tabela 3.3 – Parâmetros técnicos utilizados para a aquisição das imagens.....	36
Tabela 5.1 – Áreas activadas com o Paradigma de execução motora.....	59
Tabela 5.2 – Áreas activadas com o Paradigma de imagética motora.....	59
Tabela 5.3 – Áreas activadas com o Paradigma sensorial táctil.....	59

## Índice de Figuras

<b>Fig. 2.1</b> - Mapa Estatístico Paramétrico (SPM) da média da actividade neuronal durante a leitura de Braille em deficientes visuais congénitos e adquiridos (à esquerda) e em deficientes visuais e normovisuais (à direita). ....	4
<b>Fig. 2.2</b> - 2D, SPM correspondente à resposta BOLD do córtex visual de deficientes visuais congénitos e adquiridos. A – Estímulo táctil (pronunciar verbos depois de ler em braille). B – Estímulo auditivo (pronunciar verbos depois de ouvir palavras). C – Anatomia delineada através de resultados obtidos previamente em indivíduos normovisuais .....	4
<b>Fig. 2.3</b> - A - Indivíduos normovisuais com os olhos vendados - Activação dos lobos parietais inferiores e superiores, córtex pré-motor dorsal e áreas frontais. B - Indivíduos deficientes visuais congénitos - Activação do lobo parietal superior, córtex pré-motor dorsal e áreas visuais. ....	5
<b>Fig. 2.4</b> - Actividade neuronal em resposta ao discurso rápido e ultra-rápido em indivíduos deficientes visuais e normovisuais .....	6
<b>Fig. 2.5</b> - Relação entre o paradigma motor (movimento da língua) e intensidade de sinal no local de activação versus local que não foi activado. ....	8
<b>Fig. 2.6</b> - A base da física da fMRI em BOLD. ....	9
<b>Fig. 2.7</b> – Esquema ilustra o porquê de haver um aumento no sinal do BOLD seguido de um aumento de actividade neural. ....	10
<b>Fig. 2.8</b> - Evolução temporal do efeito BOLD após um determinado estímulo .....	10
<b>Fig. 2.9</b> - Resposta hemodinâmica .....	11
<b>Fig. 2.10</b> – Sequência EPI-GE .....	12
<b>Fig. 2.11</b> – Sequência EPI-SE .....	13

---

<b>Fig. 2.12</b> – Sequência EPI-Single-Shot .....	13
<b>Fig 2.13</b> – Sequência EPI Multi Shot .....	14
<b>Fig. 2.14</b> - Diagrama de blocos .....	15
<b>Fig. 2.15</b> - Paradigma de evento simples .....	16
<b>Fig. 2.16</b> - Paradigma de evento rápido com intervalo entre estímulos aleatório .....	16
<b>Fig. 2.17</b> – Diferentes passos na obtenção de mapas funcionais .....	17
<b>Fig. 2.18</b> - Organização do cérebro. ....	19
<b>Fig. 2.19</b> - Córtex cerebral. Localização das funções cerebrais. ....	20
<b>Fig. 2.20</b> - Fibras do Nervo óptico. ....	20
<b>Fig. 2.21</b> - Nervo óptico e trato óptico. ....	21
<b>Fig. 2.22</b> - Córtex cerebral. Localização das funções cerebrais. ....	21
<b>Fig. 3.1</b> – Esquema representativo do paradigma de execução motora .....	37
<b>Fig. 3.2</b> – Demonstração do movimento das mãos .....	37
<b>Fig. 3.3</b> – Esquema representativo do paradigma de imagética motora .....	37
<b>Fig. 3.4</b> – Demonstração de técnica de judo em pé – O-soto-Gari .....	37
<b>Fig. 3.5</b> - Demonstração de técnica de judo em pé – Uchimata .....	38
<b>Fig. 3.6</b> - Demonstração de técnica de judo em pé – O-goshi .....	38
<b>Fig. 3.7</b> - Demonstração de técnica de judo no chão – Hon-kesa-gatame .....	38

---

<b>Fig. 3.8</b> - Demonstração de técnica de judo no chão – Kami-shio-Gatame .....	38
<b>Fig. 3.9</b> – Esquema representativo do paradigma sensorial táctil .....	39
<b>Fig. 3.10</b> – Fato de judo e mãos na posição correcta .....	39
<b>Fig. 4.1</b> – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	43
<b>Fig. 4.2</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários normovisuais.....	43
<b>Fig. 4.3</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	44
<b>Fig. 4.4</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	44
<b>Fig. 4.5</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntário normovisuais .....	45
<b>Fig. 4.6</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntário normovisuais .....	45
<b>Fig. 4.7</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	47
<b>Fig. 4.8</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários normovisuais.....	48
<b>Fig. 4.9</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	48
<b>Fig. 4.10</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntários normovisuais .....	49

---

<b>Fig. 4.11</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	51
<b>Fig. 4.12</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Grupo de voluntários normovisuais .....	52
<b>Fig. 4.13</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntários com deficiência visual .....	52
<b>Fig. 4.14</b> - Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação FEAT. Grupo de voluntário normovisuais .....	53
<b>Fig. 5.1</b> - Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo motor .....	55
<b>Fig. 5.2</b> - Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo sonoro .....	56
<b>Fig. 5.3</b> - Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo sensorial .....	58
<b>Fig. 7.1</b> – Paradigma em bloco .....	62

## Lista de abreviaturas

<b>Sigla</b>	<b>Significado</b>
<b>BOLD</b>	<i>Blood Oxygen Level Dependent</i> (Efeito dependente do nível de oxigenação do sangue)
<b>Cauc.</b>	Caucasiana
<b>Defic.</b>	Deficiência
<b>DesoxiHb</b>	Desoxihemoglobina
<b>EEG</b>	Electroencefalograma
<b>EPI</b>	<i>Echo Planar Imaging</i>
<b>FLAIR</b>	Fluid Attenuation Inversion Recovery
<b>fMRI</b>	<i>Functional Magnetic Resonance Imaging</i> (Ressonância Magnética funcional)
<b>FSL</b>	fMRI's Software library
<b>GRE</b>	Eco de Gradiente
<b>HRF</b>	<i>Hemodynamic Response Function</i> (função de resposta hemodinâmica)
<b>IBSA</b>	<i>International Blind Sport Federation</i> (Federação Internacional do Desporto para Invisuais)
<b>OxiHb</b>	Oxihemoglobina
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde
<b>PET</b>	<i>Positron Emission Tomography</i> (Tomografia por emissão de positrões)
<b>RM</b>	Ressonância Magnética
<b>SE - EPI</b>	Spin-echo EPI
<b>SPM</b>	<i>Statistic Parametric Map</i> (mapa estatístico paramétrico)
<b>TE</b>	Tempo de eco
<b>TR</b>	Tempo de Repetição

## I. INTRODUÇÃO

O judo é um dos desportos cuja prática e competição por deficientes visuais se pode realizar em condições muito idênticas às dos demais atletas. Um judoca age (ou reage) muito mais por aquilo que sente do que por aquilo que vê. Esta forma de actuar leva a que judocas deficientes visuais, muitas vezes, possam ter alguma vantagem sobre outros praticantes normovisuais, presentindo, não raras vezes, a acção do parceiro/adversário, muito antes do que qualquer outro atleta a possa ver. O judo para deficientes visuais e amblíopes é modalidade paralímpica desde 1988, sem que Portugal tivesse sido representado, até à data, por qualquer atleta. Para este desiderato contribui, com certeza, para além da crónica falta de recursos financeiros, o pouco investimento científico e intelectual vocacionado para a área da deficiência.

Um estudo realizado em Agosto de 2010, pelo Dr. Rhodri Cusack, em Inglaterra, sobre um atleta paralímpico cego, jogador de futebol do Reino Unido, despertou o interesse pelo aprofundamento do tema, através de Ressonância Magnética Funcional (fMRI), sobre a estimulação da região cerebral ligada à visão (córtex visual – lobo occipital) em atletas com deficiência visual.

É objectivo principal deste trabalho, observar a resposta cerebral por fMRI nas áreas temporal e occipital (normalmente associadas à audição e visão, respectivamente) em atletas de judo deficientes visuais e normovisuais. Tal resposta advém de várias etapas sequenciais, entre elas: indução do estímulo (paradigmas: de execução motora, imagética motora e sensorial tátil); recepção do estímulo (tom de voz; iluminação; sala de scanner de Ressonância Magnética); percepção do estímulo (depende de funções cognitivas superiores); interpretação do estímulo (processamento da informação) e resposta ao estímulo (reacção desencadeada).

Pretende-se, ainda, através da fMRI atingir os seguintes objectivos:

1. Investigar qual a diferença, se existente, na activação do córtex visual nos indivíduos com deficiência visual em comparação com indivíduos normovisuais;
2. Investigar se o córtex auditivo, perante um paradigma verbal, tem uma activação superior num indivíduo deficiente visual do que num indivíduo normovisual;

Pretende-se também responder à seguinte questão de investigação:

- Que áreas cerebrais, nos judocas com deficiência visual são activadas e qual o nível de extensão e intensidade?

Tentaremos, igualmente, com base nas respostas obtidas por fMRI aos estímulos e na literatura existente, especular sobre algumas premissas, nomeadamente:

- A perda de visão não leva à permanente inactivação do córtex visual;
- A cegueira leva à adaptação do córtex visual para a análise de informações de outros órgãos dos sentidos, em particular auditivas e tácteis (plasticidade cerebral);
- As pessoas com deficiência visual têm diferentes desempenhos numa variedade de tarefas não-visuais em relação aos indivíduos sem deficiência visual;

Pretende-se, por fim, com base na actividade de Judoca e Mestre de Judo, contribuir para um melhor conhecimento do funcionamento do cérebro, com o objectivo de melhorar as metodologias de treino e a eficiência na comunicação Mestre/Judoca de modo a estimular continuamente as capacidades de orientação espacial.

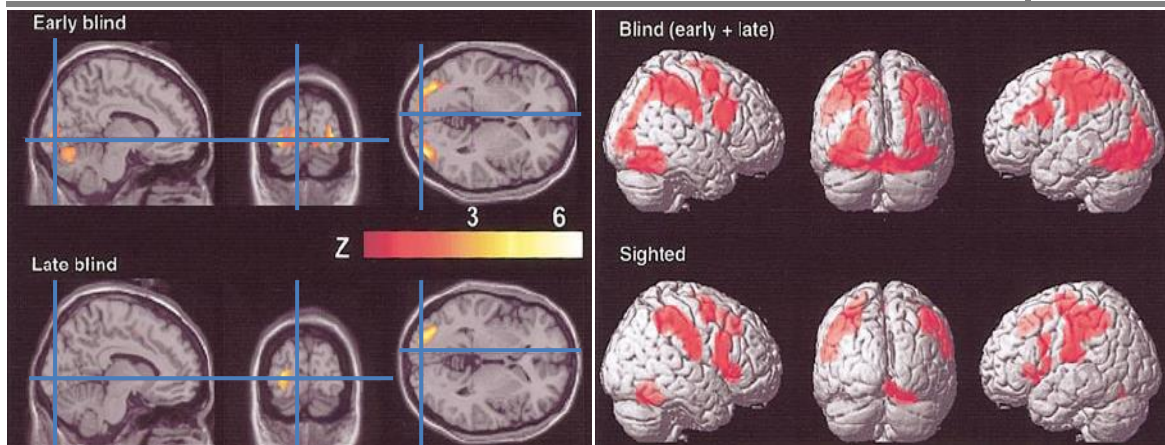
## II. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

É convicção comum que as pessoas com deficiência visual têm um melhor desempenho numa variedade de tarefas não-visuais do que os indivíduos normovisuais, provavelmente porque compensam a sua falta de visão com um desenvolvimento do processamento de outras modalidades sensoriais (Gougoux et al., 2009).

Em humanos, vários estudos que utilizaram técnicas de neuro-imagem têm mostrado que as áreas occipitais, em indivíduos com deficiência visual, são recrutadas para realizar tarefas não-visuais como: leitura em Braille (Burton et al., 2002b; Sadato et al., 1996 in Gougoux et al., 2009); recuperação da memória (Amedi et al., 2003 in Gougoux et al., 2009); localização do som (Gougoux et al., 2005; Leclerc et al., 2000 in Gougoux et al., 2009; Weeks et al., 2000 in Gougoux et al., 2009); ou outras funções auditivas (Arno et al., 2001 in Gougoux et al., 2009; Burton, et al., 2002a; Kujala et al., 1995 in Gougoux et al., 2009). Alguns estudos sugerem também uma maior representação cortical nas áreas previstas para funções auditivas, somatossensoriais, ou motoras em indivíduos portadores de deficiência visual. Pouco se sabe, no entanto, sobre os mecanismos cerebrais envolvidos na percepção da voz em indivíduos deficientes visuais. A percepção da voz é de grande importância para estes indivíduos, permitindo-lhes assim o reconhecimento de pessoas (Gougoux et al., 2009).

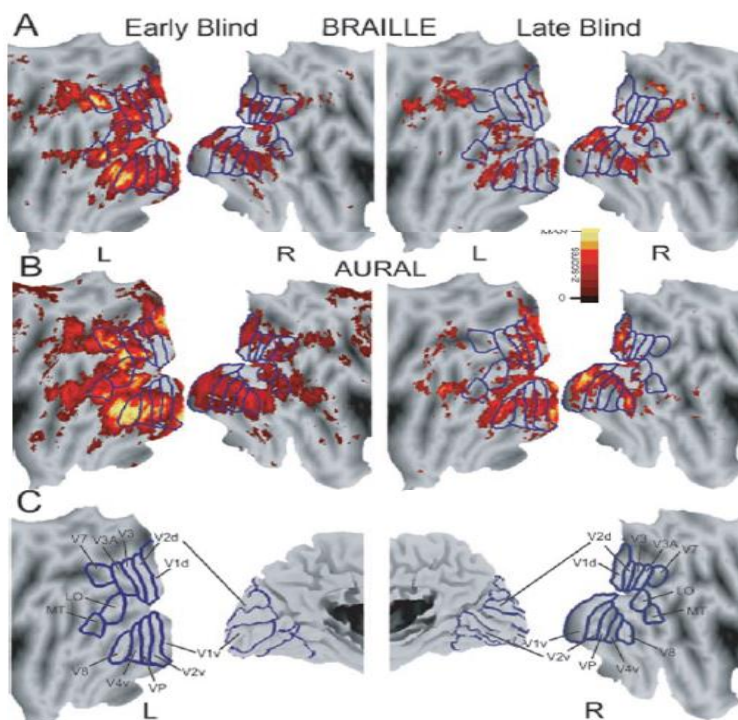
Ficou demonstrado, num conjunto de indivíduos que perderam a visão precocemente, que a localização de fontes sonoras foi mais precisa do que no conjunto de indivíduos com visão, confirmando a assunção de que o processamento não-visual poderá ser melhor no indivíduo deficiente visual. Os resultados mostram que os indivíduos com deficiência visual recrutam áreas occipitais para realizar a localização auditiva (Gougoux et al., 2005). Burton, 2003, simplesmente afirmou, que a perda da visão não leva à permanente inactivação do córtex visual.

Como foi dito antes, muitos indivíduos com deficiência visual, são extremamente eficientes no processamento táctil, incluindo a leitura em Braille (Fig. 2.1) e até mesmo nas artes (no talento que se manifesta por alguns músicos pianistas cegos bem conhecidos), o que geralmente é atribuído ao facto de terem ficado privados de visão precocemente (Gougoux et al., 2005).



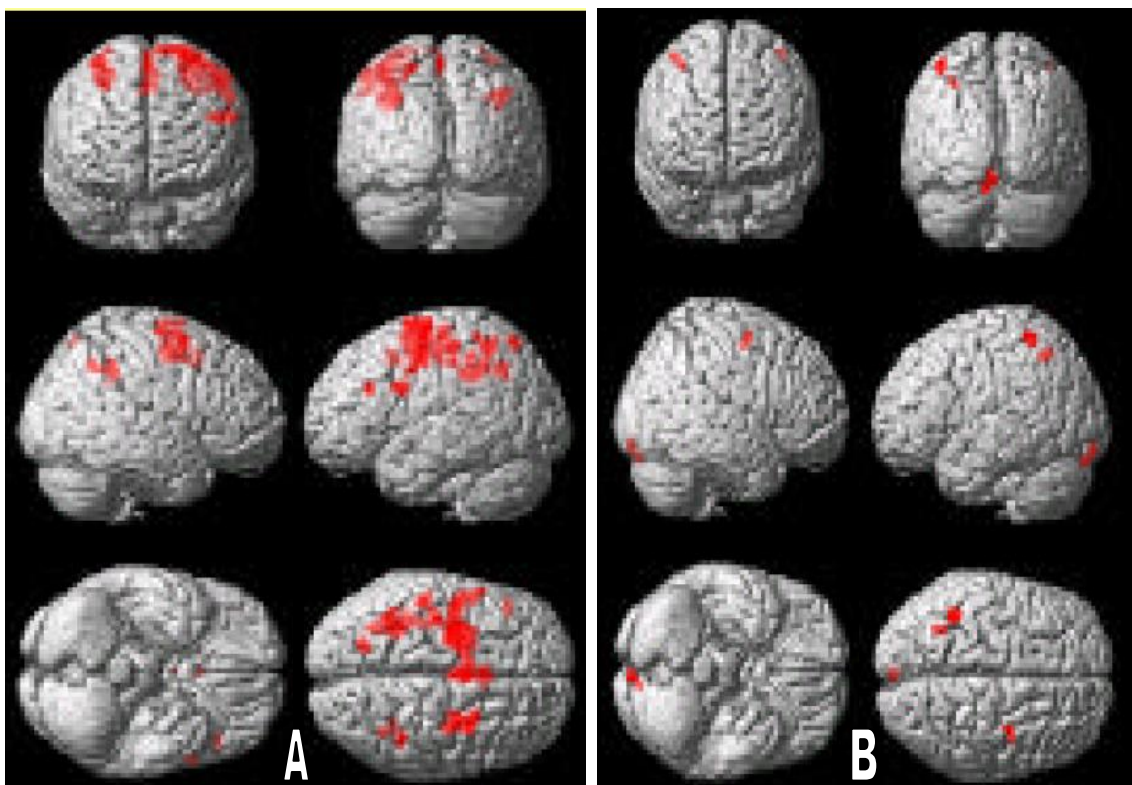
**Fig. 2.1** – Mapa Estatístico Paramétrico (SPM) da média da actividade neuronal durante a leitura de Braille em deficientes visuais congénitos e adquiridos (à esquerda) e em deficientes visuais e normovisuais (à direita). As linhas azuis indicam o centro da área visual primária (V1). (Sadato et al., 2002).

Segundo Burton et al., 2002a, a extensão espacial e a intensidade dos sinais da Ressonância Magnética (RM) no córtex visual é maior em indivíduos que ficaram invisuais mais cedo durante a sua vida (em comparação com a cegueira tardia). No entanto, ainda persistem algumas questões sobre as diferenças no envolvimento do córtex visual primário entre indivíduos que ficam cegos no início da vida e aqueles que adquirirem a cegueira posteriormente (por exemplo, antes dos 5 anos vs após os 12 anos de idade) (Fig. 2.2). Uma possibilidade é que a cegueira leva à adaptação do córtex visual para a análise de informações tácteis (Buchel et al., 1998; Sadato et al., 1996 in Burton et al., 2002a; Sadato et al., 1998). Assim, a mesma funcionalidade usada para a análise de ortografia de impressão em pessoas com visão é aplicada para a descodificação do Braille no cego (Burton et al., 2002a).



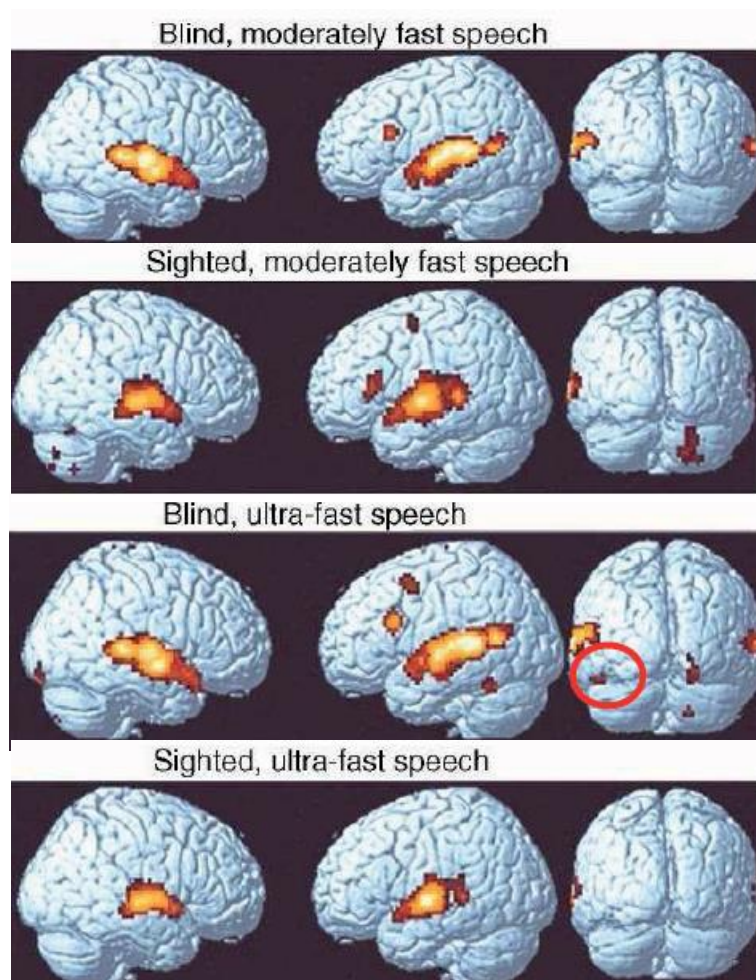
**Fig. 2.2** – 2D, SPM correspondente à resposta BOLD do córtex visual de deficientes visuais congénitos e adquiridos.  
 A – Estímulo táctil (pronunciar verbos depois de ler em braille).  
 B – Estímulo auditivo (pronunciar verbos depois de ouvir palavras).  
 C – Anatomia delineada através de resultados obtidos previamente em indivíduos normovisuais (Burton, 2003)

Poirier et al., (não datado), realizaram um estudo em que o objectivo era investigar a rede cerebral (conectividade neuronal) que está implícita na percepção do movimento do som em indivíduos normovisuais (mas com os olhos vendados) e indivíduos deficientes visuais (Fig. 2.3). Todos os indivíduos tinham que determinar a natureza do estímulo (som simples ou complexo) e determinar também a presença ou ausência do movimento do estímulo, e quando presente, a sua direcção (direita ou esquerda). Com o recurso à fMRI, concluíram então que nos indivíduos deficientes visuais, são activadas as mesmas áreas cerebrais observadas do que nos indivíduos normovisuais, mas com uma menor extensão. A percepção auditiva do movimento activa o córtex visual nos indivíduos deficientes visuais, evidenciando-se assim que a privação da visão leva a uma reorganização cerebral (plasticidade).



**Fig. 2.3 – A - Indivíduos normovisuais com os olhos vendados** - Activação dos lobos parietais inferiores e superiores, córtex pré-motor dorsal e áreas frontais. **B - Indivíduos deficientes visuais congénitos** - Activação do lobo parietal superior, córtex pré-motor dorsal e áreas visuais. (Poirier, et al., (não datado))

Num outro estudo efectuado, na mesma linha científica (fMRI em deficientes visuais), por Moos et al., 2008, foi investigado se um indivíduo deficiente visual utiliza o seu sistema visual para compreender um discurso rápido (8 Sílabas/seg) com base em textos produzidos por um indivíduo do sexo masculino e um discurso ultra-rápido (16 Sílabas/seg) produzido por um software (que permite acelerar o discurso). A actividade cerebral registada em fMRI (Fig. 2.4) mostrou que o discurso rápido activou zonas linguísticas anteriores e posteriores em todos indivíduos (deficientes visuais e normovisuais). Em relação ao discurso ultra-rápido, os indivíduos normovisuais mostraram uma activação exclusiva de regiões supratemporais, enquanto os indivíduos deficientes visuais mostraram uma resposta reforçada no lobo frontal inferior esquerdo e temporoparietal, bem como activação hemodinâmica significativa no giro fusiforme esquerdo e córtex visual direito. Considerando os dados de fMRI do estudo mencionado, o giro fusiforme esquerdo parece ligar os recursos de processamento do córtex occipital à área da linguagem perisylviana. O giro fusiforme esquerdo é conhecido, assim, por estar envolvido no processamento fonético. Esta estrutura, presumivelmente, fornece a ligação funcional entre o sistema auditivo e visual.



**Fig. 2.4** – Actividade neuronal em resposta ao discurso rápido e ultra-rápido em indivíduos deficientes visuais e normovisuais. O círculo vermelho na imagem correspondente ao discurso ultra-rápido nos deficientes visuais corresponde ao giro fusiforme esquerdo. O padrão de activação observado junto do córtex occipital direito posterior, pode estar relacionado com o uso do dedo indicador esquerdo durante a leitura de Braille. (Moos et al., 2008)

Estas descobertas sobre a actividade do córtex visual em deficientes visuais não estaria disponível com tantos detalhes, sem as mais recentes tecnologias de neuroimagem. Estudos de imagens do cérebro revelaram a extensão e reorganização do córtex visual em pessoas cegas e têm destacado alguns processos potenciais responsáveis por essas mudanças. No entanto, a conclusão de que a actividade do córtex visual, em deficientes visuais, representa uma evidência de reorganização cortical, levanta algumas questões sobre se estes resultados expressam processos normais, como os encontrados em pessoas com visão, como imagens mentais ou indicam plasticidade neural por privação sensorial severa.

Devido ao facto da fMRI ser um exame não-invasivo, considera-se não haver contra-indicações em estudar repetidamente os mesmos temas.

## 2.1 Ressonância Magnética funcional

A imagem que corresponde ao efeito dependente do nível de oxigenação do sangue (*blood-oxygen-level-dependent* - BOLD) foi desenvolvido por Ogawa em 1990, quando este observou a ocorrência de alterações na proporção de oxihemoglobina (oxiHb) para desoxihemoglobina (desoxiHb), devido a activação cerebral. Essa descoberta deu início a uma nova era, que teve como base a compreensão do funcionamento do cérebro com imagens em BOLD, sendo a chave para a Ressonância Magnética funcional (Noseworthy, Bulte, & Alfonsi, 2003).

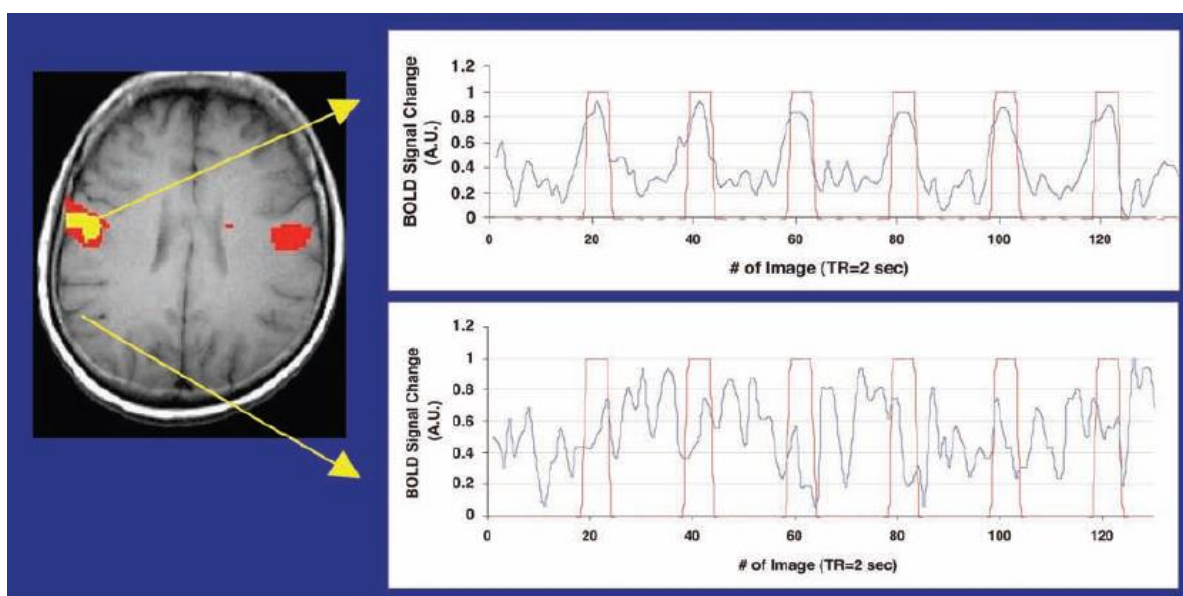
Embora o estudo da avaliação da fisiologia microvascular, com agentes de contraste sejam comuns (por exemplo, a perfusão), o interesse em abordagens utilizando biomarcadores do tipo BOLD tem vindo a evidenciar-se, uma vez que não envolve a injeção intravenosa e fornece informações funcionais sobre a oxigenação do sangue (Noseworthy, Bulte, & Alfonsi, 2003).

A Ressonância Magnética é uma modalidade amplamente aceite para fornecer informações anatómicas. Para além da espectroscopia localizada, da imagem por desvio químico que é aplicável a muitas espécies químicas, a RM tem sido funcionalmente estendida para as áreas de angiografia, imagem por perfusão e

imagem por perfusão com adição de agentes de contraste exógenos (Ogawa et al., 1990).

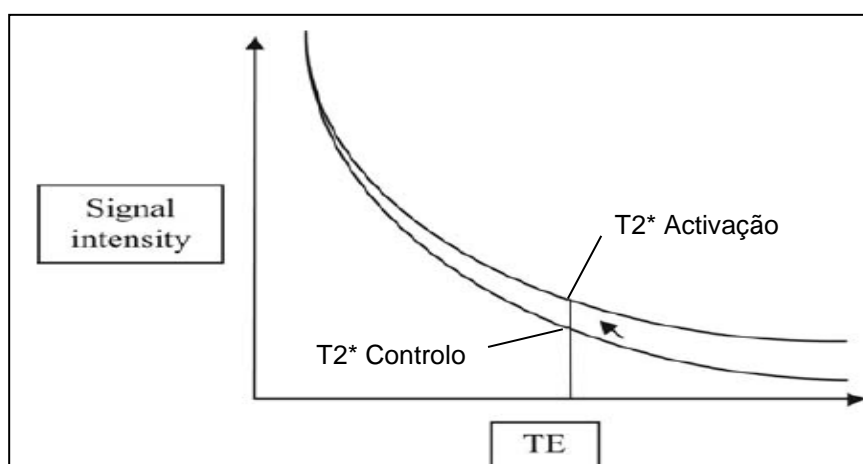
O contraste BOLD adiciona um recurso para a RM e complementa outras técnicas como a tomografia de emissão de positrões (relacionadas à actividade neural regional) (Ogawa et al., 1990).

A aquisição de imagens funcionais em RM, é considerada uma técnica rápida de aquisição de imagens que as obtém durante a actividade ou a estimulação e em repouso (Fig. 2.5). O sangue é usado como meio de contraste interno (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).



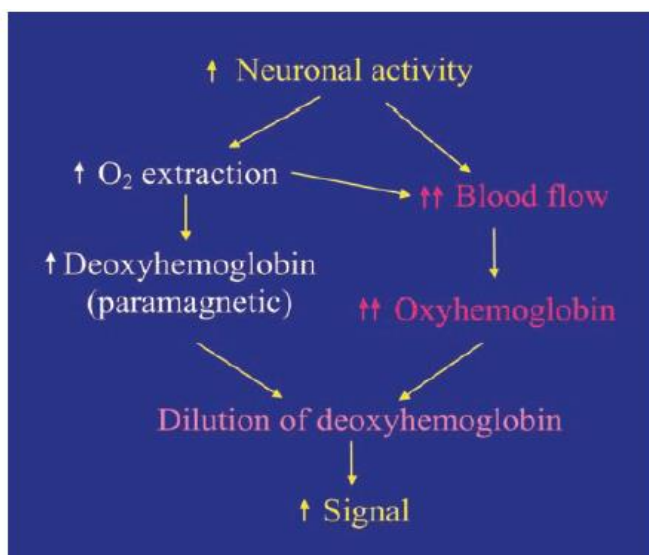
**Fig. 2.5** - Relação entre o paradigma motor (movimento da língua) e intensidade de sinal no local de ativação versus local que não foi activado. O paradigma é representado pela linha vermelha. Quando o paciente movimentava a sua língua, a linha vermelha é elevada até 1, quando ela não é movimentada, esta linha cai para zero. A linha azul representa a mudança de sinal ao longo do tempo. No gráfico superior, as mudanças de sinal BOLD de acordo com o movimento da língua: quando o indivíduo está a mexer a língua, observa-se um aumento do sinal. Quando este está em repouso, observa-se uma diminuição do sinal. Este voxel corresponde à localização da área motora da língua. Portanto, este voxel é considerado "activo" e é representado a amarelo. Por outro lado, o gráfico inferior é de um voxel que não está relacionado com movimento da língua. O gráfico demonstra que não há correlação entre o sinal BOLD (a azul) e do paradigma (a vermelha). Portanto, este voxel não está a amarelo (Holodny, 2008)

As propriedades magnéticas do sangue são importantes para a compreensão desta técnica. A hemoglobina (Hb) é uma molécula que contém ferro e transporta oxigénio no sistema vascular, pois o oxigénio liga-se directamente ao ferro. Quando o oxigénio está ligado (oxiHb), as propriedades magnéticas do ferro são praticamente suprimidas, mas quando o oxigénio não está ligado (desoxiHb) a molécula torna-se mais magnética. Assim, a oxiHb é diamagnética e a desoxiHb é paramagnética. A desoxiHb paramagnética cria um campo magnético não homogéneo nas vizinhanças imediatas. Este campo magnético não homogéneo, aumenta o declínio  $T2^*$  e atenua o sinal das regiões que contêm desoxiHb (Fig. 2.6). Para além das características intrínsecas aos tecidos, o  $T2^*$  depende também de factores externos, nomeadamente das heterogeneidades do campo magnético que podem estar relacionadas com a proximidade a vasos sanguíneos. (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011)



**Fig. 2.6** - A base da física da fMRI em BOLD. A curva de decaimento  $T2^*$  mostra que o sinal irá variar de acordo com a presença ou ausência de heterogeneidades do campo. No tempo TE, a intensidade do sinal é diferente. A presença de heterogeneidades no campo provoca uma queda do sinal (seta). A fMRI BOLD usa esse princípio pois a desoxihemoglobina ( $T2^*$  Controlo) é paramagnética provocando uma queda de sinal maior do que a oxihemoglobina ( $T2^*$  Activação). (Holodny, 2008)

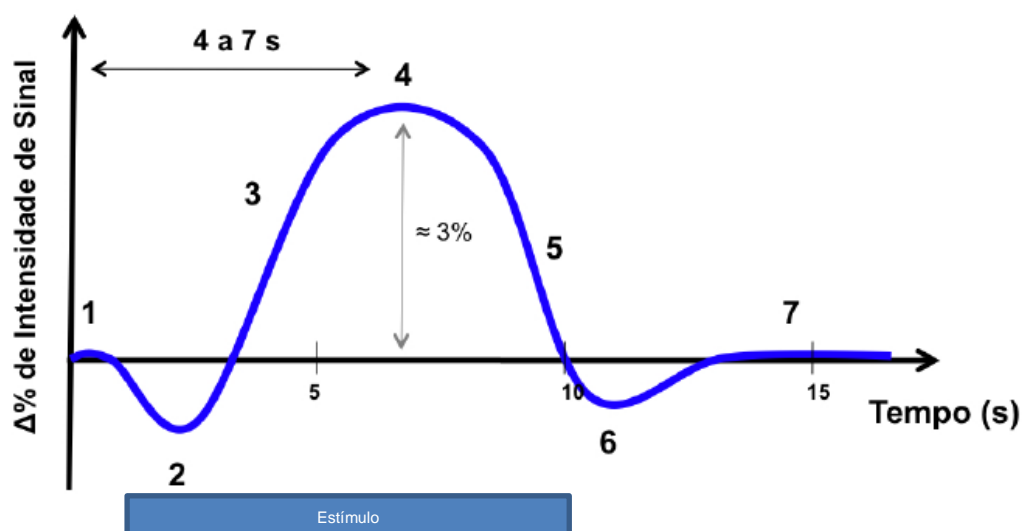
Em repouso, os tecidos usam uma fracção substancial do sangue que flui através dos capilares, de modo que o sangue venoso contém uma mistura quase igual de oxiHb e desoxiHb. Durante uma actividade, porém, é necessário mais oxigénio e portanto mais oxigénio é extraído dos capilares, observando-se assim uma diminuição da quantidade relativa de desoxiHb (por um aumento da oxiHb), o que acarreta uma diminuição de perda de coerência de fase e um aumento correspondente na intensidade de sinal (Fig. 2.7) (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).



**Fig. 2.7** – Esquema ilustrativo da relação entre o aumento da actividade neuronal e o aumento do sinal do BOLD. (Holodny, 2008)

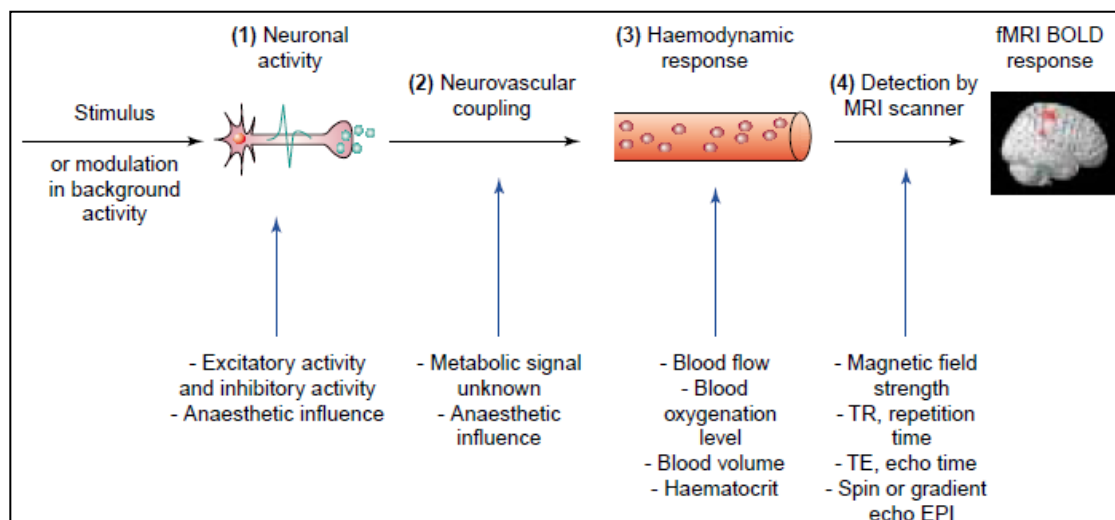
O mais importante efeito fisiológico que produz alterações da intensidade do sinal em RM, entre a estimulação e o repouso, é denominado BOLD. (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

Existe uma diminuição momentânea na oxigenação sanguínea imediatamente após o aumento da actividade neuronal (Fig. 2.8), conhecida como queda inicial (*initial dip*), na resposta hemodinâmica. Segue-se um período onde aumenta o fluxo sanguíneo, devido à vasodilatação das arteríolas, não apenas para um nível proporcional à procura de oxigénio, mas superior. Isto significa que, de facto, a oxigenação sanguínea aumenta após uma activação neuronal. Após alguns segundos atinge-se um pico no fluxo sanguíneo que depois decai para a linha de base, normalmente acompanhado de uma queda posterior (*post-stimulus undershoot*) (Góis, 2007).



**Fig. 2.8** - Evolução temporal do efeito BOLD após um determinado estímulo. 1-Linha de base, 2-Queda inicial, 3-Aumento do sinal BOLD, 4-Pico do sinal BOLD, 5- Redução do sinal BOLD, 6-Queda posterior, 7-Retorno à linha de base (Mazzola, 2009)

O sinal medido corresponde assim ao efeito BOLD e é conhecido como função de resposta hemodinâmica, *Hemodynamic Response Function* (HRF) (Fig. 2.9). A HRF é uma função que descreve o tempo de resposta vascular a um determinado estímulo. As características da HRF variam consoante a região cerebral em causa (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).



**Fig. 2.9** - Resposta hemodinâmica (Arthurs and Boniface, 2002)

O contraste BOLD pode ser melhorado alterando alguns elementos durante o processo de aquisição das imagens, como o uso de campos magnéticos mais elevados ou através da optimização dos parâmetros de aquisição das imagens: TE (Tempo de Eco) e TR (Tempo de Repetição). Isto é, usar um TE óptimo de modo a maximizar o sinal BOLD e permitir maximizar o contraste entre os sinais medidos nos estados de activação e de repouso. Se o TE é demasiado curto, não haverá diferença significativa entre as curvas do estado de repouso e do estado de activação, logo o contraste BOLD é reduzido. Por outro lado se o TE for demasiado longo, haverá menos sinal disponível para qualquer um dos estados devido à relaxação prévia. (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

Por outro lado, usar um TR óptimo para aumentar o número de imagens adquiridas e diminuir os artefactos de movimento leva a uma diminuição da resolução temporal. O contraste BOLD depende assim, da quantidade de desoxiHb presente na região cerebral, o que, por sua vez, depende do balanço entre o consumo de oxigénio e o fornecimento de oxigénio. (Góis, 2007).

Todos estes efeitos têm uma duração muito curta e requerem portanto sequências extremamente rápidas, como EPI (*Echo-planar Imaging*) ou *fast gradient echo*. Para

explorar os efeitos  $T2^*$ , as imagens BOLD são geralmente adquiridas com tempos de eco longos (igual ou superior a 50ms) Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

A sequência EPI obtém imagens mais rapidamente, pois adquire várias linhas do espaço K num único TR. Estas sequências podem ser configuradas de diversas formas: pode adquirir-se uma sequência de eco de gradiente (EPI-GE) ou eco de spin (EPI-SE) (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

A **sequência EPI-GE** (Fig. 2.10) é adquirida com um pulso de radiofrequência (RF) seguido de vários blips de gradiente, originando uma sequência de eco de gradiente. A sequência EPI-GE pode ser adquirida mais rapidamente que a sequência EPI-SE devido à aplicação de um gradiente para obtenção de um eco, sendo mais rápido que um pulso RF na sequência SE. No entanto, as imagens EPI-GE apresentam os mesmos artefactos prejudiciais que são encontrados nas imagens de eco de gradiente convencionais (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

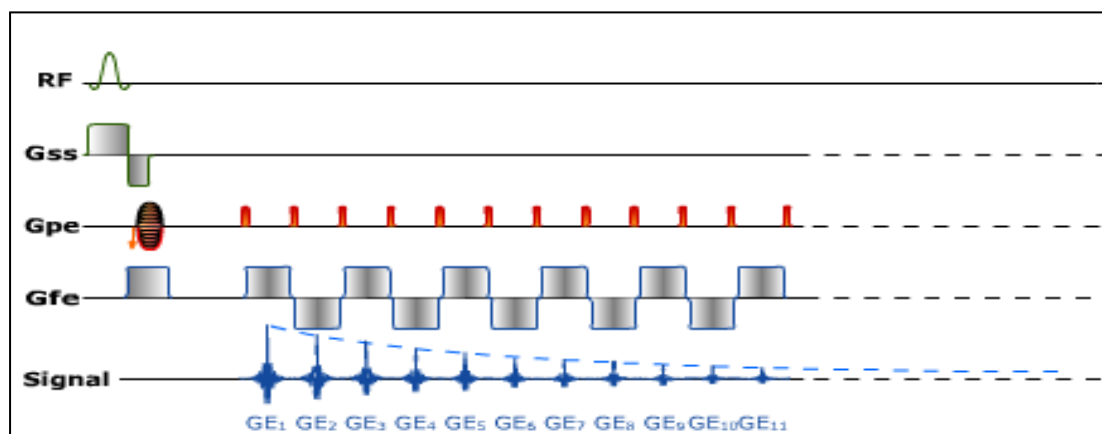


Fig 2.10 – Sequência EPI-GE (Hoa, 2009).

Relativamente à **sequência EPI-SE** (Fig. 2.11), para se evitar alguns artefactos que se verificam na EPI-GE, pode aplicar-se um pulso de RF de refocalização depois do pulso de excitação inicial. A aplicação deste pulso de refocalização ajuda a eliminar alguns artefactos causados por distúrbios da homogeneidade do campo magnético e desvios químicos (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

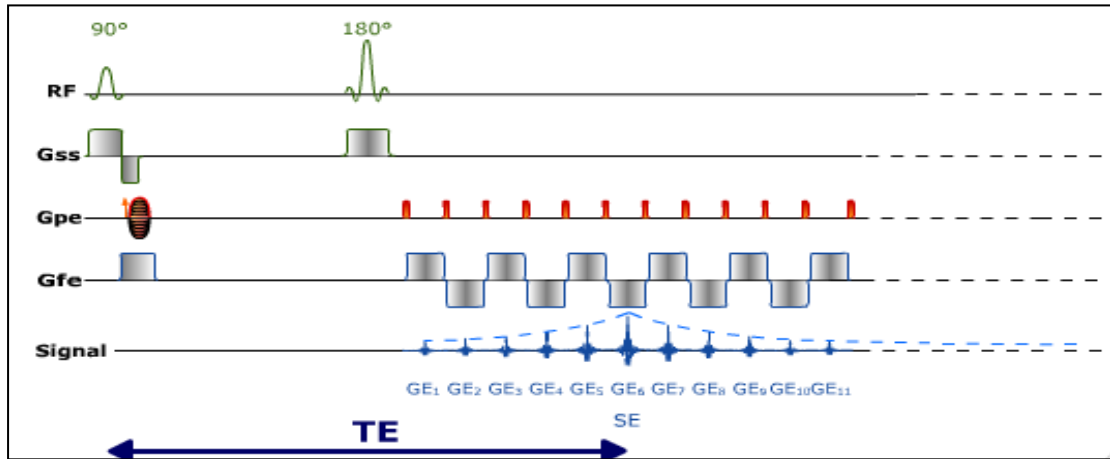


Fig 2.11 – Sequência EPI-SE (Hoa, 2009)

Nesta sequência é possível, ainda, optar-se pelo tipo de aquisição de dados: *Single-Shot* ou *Multi-Shot* (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

A **sequência EPI-Single-Shot** (Fig. 2.12) possibilita que todas as linhas do espaço K sejam adquiridas num só TR. Esta técnica acarreta uma redução significativa no tempo de aquisição de imagens, devido ao facto de todos os dados serem adquiridos num TR. No entanto, há um prejuízo em termos de razão sinal-ruído (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

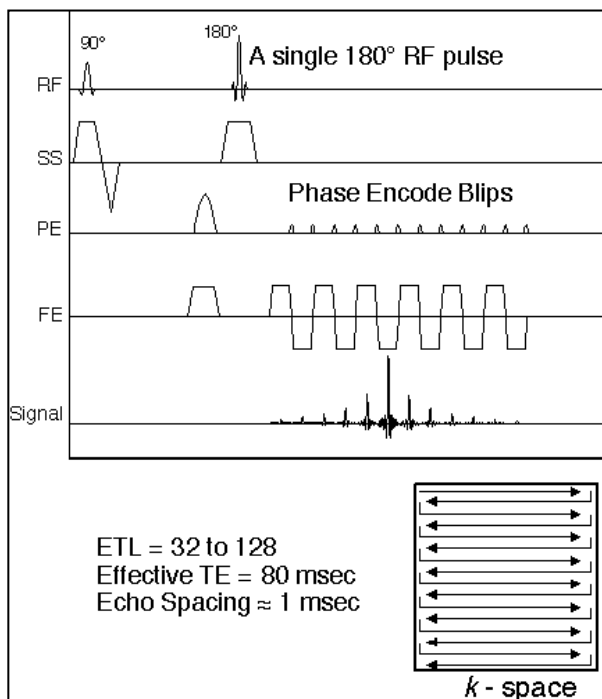
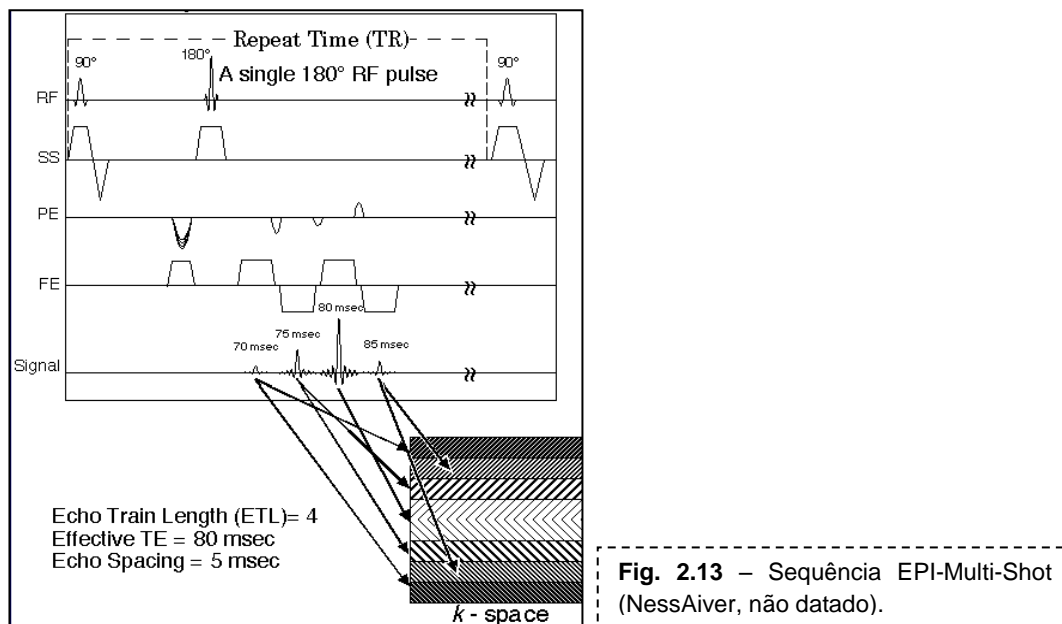


Fig. 2.12 – Sequência EPI-Single-Shot (NessAiver, não datado).

Na **sequência EPI-Multi-Shot** (Fig. 2.13) o espaço K é adquirido em vários intervalos TR. O tempo efectivo entre os ecos é drasticamente reduzido. Este tipo de sequência aumenta o tempo de aquisição, no entanto permite obter imagens com uma melhor razão sinal-ruído e com menos artefactos (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

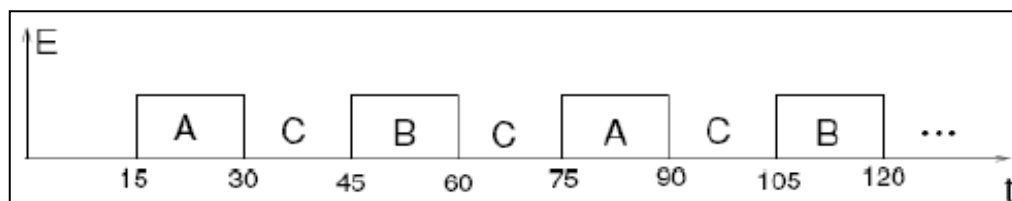


Devido à sua velocidade de aquisição, as principais aplicações da EPI são na avaliação de estruturas que se encontram em movimento e nas quais a resolução temporal é primordial (Westbrook, Roth, & Talbot, 2011).

### 2.1.1 Paradigmas

Paradigma é o nome aplicado à sequência de actividades que um indivíduo realiza durante o processo de aquisição de imagens de fMRI de modo a observar as áreas de actividade cerebral. O objectivo é, através da estimulação, activar os circuitos neuronais que se pretendem estudar. Os estudos de fMRI utilizam dois tipos de paradigmas: os paradigmas em bloco (*block design*) e os paradigmas de evento (*event-related*) (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).

Relativamente aos **paradigmas em bloco** (Fig. 2.14), alterna-se períodos de actividade com períodos de repouso, ou seja, os estímulos são apresentados em blocos alternando entre bloco de repouso e bloco de activação da respectiva área que se pretende estudar. Embora a duração dos blocos seja variável, a duração óptima de cada bloco, de modo a obter a máxima resposta do sistema, foi calculada entre 20 a 40 segundos. (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).



**Fig. 2.14** - Diagrama de blocos. Consideram-se dois tipos diferentes de condições activas (A e B), podem ser por exemplo, dois tipos diferentes de movimento, por exemplo em A o movimento dos estímulos para a direita e em B o movimento dos estímulos para a esquerda (Góis, 2007; Giacomantone, 2005)

A duração dos períodos de activação deve ser suficientemente longa, de modo a ter em conta o atraso no aumento de sinal de fMRI, após o início da execução da tarefa. Este atraso temporal do sinal relativamente à actividade neuronal corresponde à resposta hemodinâmica e implica que, de forma a detectar o sinal de fMRI máximo, o período de activação deva ter uma duração mínima de 8 segundos, sendo 16 segundos a duração mais usada. O processo é repetido até ter sido obtido um número suficiente de imagens (Clare, 1997).

O objectivo da utilização do paradigma em bloco, em que a tarefa é continuamente executada durante um período de activação relativamente longo, é manter a função BOLD no máximo, por um período de tempo considerável, de modo a que o sinal de activação possa ser comparado de forma mais fidedigna com o sinal medido durante a linha de base (Clare, 1997).

Para a realização deste projecto foram utilizados estes paradigmas (de bloco), com o intuito de observar a activação das diversas regiões do córtex cerebral.

No que diz respeito aos **paradigmas de evento** (*event-related*) os estímulos são apresentados apenas durante um curto intervalo de tempo e são intercalados com longos períodos de repouso. Estes paradigmas associam processos cerebrais com eventos discretos, tempos curtos, de aproximadamente 2 segundos, ao contrário do que acontece com os paradigmas em bloco que duram entre 20 a 40 segundos. A principal vantagem é possibilitar fazer-se uma estimativa da função da resposta hemodinâmica para diferentes eventos. A principal desvantagem deve-se ao facto desta técnica possuir uma relação sinal-ruído muito baixa o que implica o aumento do número de estímulos.

Dentro deste tipo de paradigmas distinguem-se outros dois (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).

O paradigma de evento mais **simples** (Fig. 2.15) é aquele onde a sequência dos eventos é fixa, bem como o intervalo entre estímulos (ISI), e com duração suficiente para que a resposta hemodinâmica possa voltar completamente ao nível de base entre 12 a 20 segundos (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).

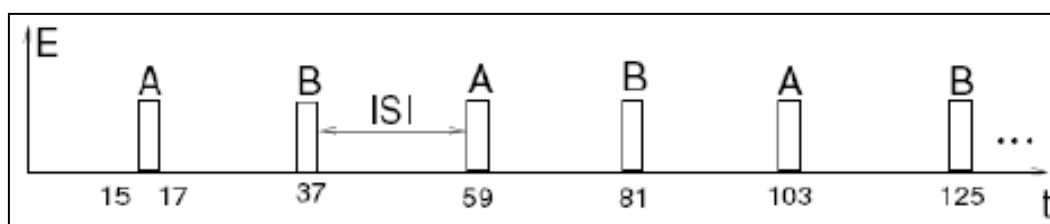


Fig. 2.15 - Paradigma de evento simples (Góis, 2007; Giacomantone, 2005)

O outro tipo de paradigma, denominado evento **rápido** (Fig. 2.16), tem como objectivo otimizar o tempo da sessão de fMRI e reduzir os artefactos cognitivos. Neste caso, o protocolo pode variar de acordo com a ordem de apresentação dos estímulos e do tempo entre eventos, isto é, pode-se fixar o intervalo entre estímulos e apresentar os estímulos de forma aleatória (ou predeterminar esta ordem) ou ainda implementar um intervalo entre estímulos aleatório e apresentá-los também de forma aleatória (Góis, 2007; Giacomantone, 2005).

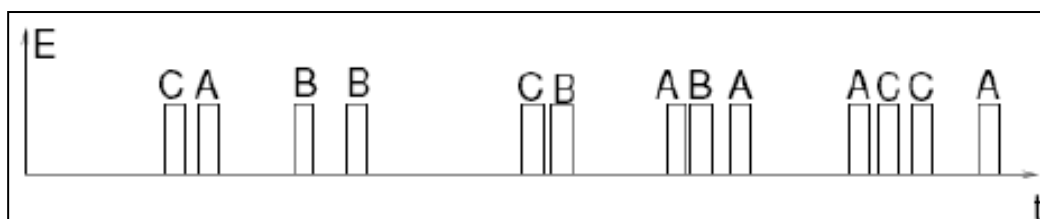
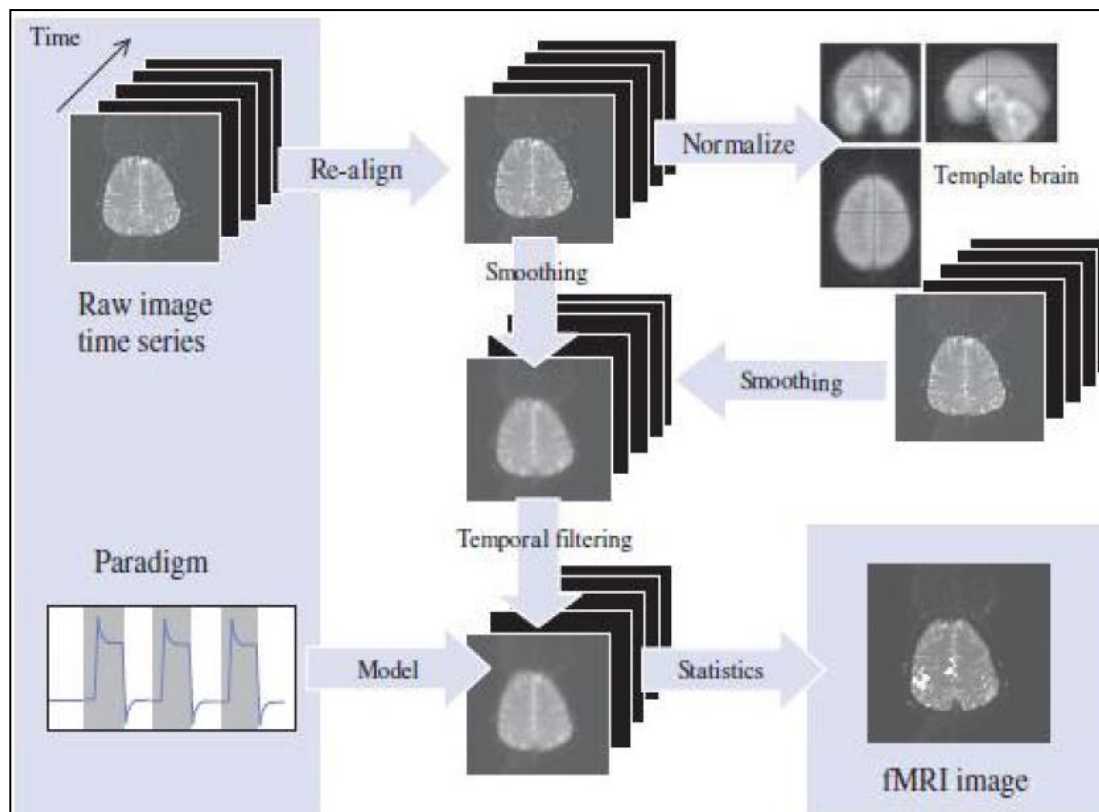


Fig. 2.16 - Paradigma de evento rápido com intervalo entre estímulos aleatório (Góis, 2007; Giacomantone, 2005)

## 2.1.2 Obtenção de mapas funcionais do córtex cerebral

Os diferentes passos necessários à obtenção de mapas funcionais do córtex cerebral encontram-se esquematicamente representados na figura seguinte (Fig. 2.17):



**Fig. 2.17** – Diferentes passos na obtenção de mapas funcionais (Sandra Tecelão in Andrade, 2012).

Para o estudo de fMRI são necessárias a aquisição de uma ou várias séries temporais: de dados funcionais (sequências rápidas), captados durante a realização de paradigmas; e a aquisição de dados anatómicos (sequências lentas) que abrangem as áreas de interesse que servem de referência estrutural para a visualização das áreas funcionais activas.

Após esta aquisição, é feita a localização e caracterização das regiões cerebrais activadas pelos estímulos. Para tal, são necessárias várias etapas de processamento das imagens, uma vez que todo este processo está sujeito à influência de diversos tipos de artefactos que podem adulterar as imagens obtidas (Formisano, Salle, & Goebel, 2005, in Queirós, 2011).

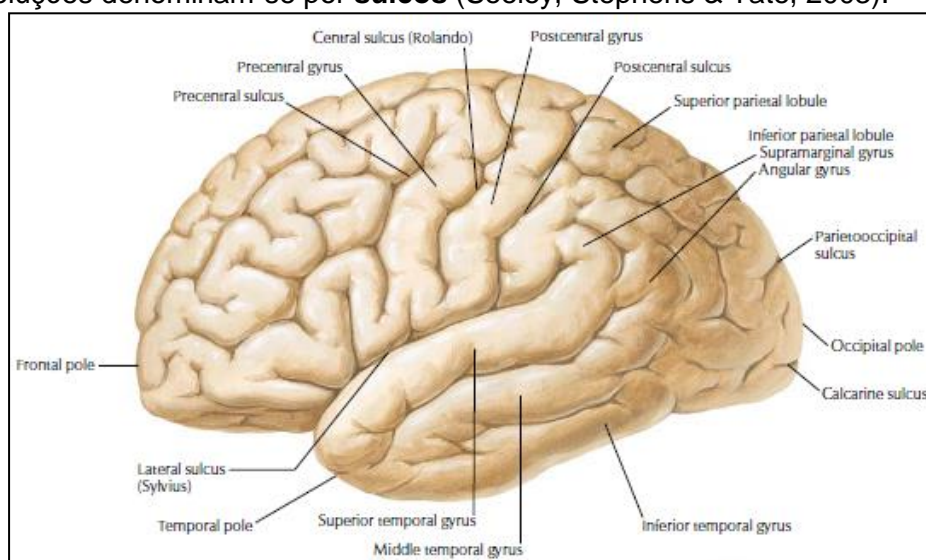
Segundo Jenkinson & Smith (2001, in Queirós, 2011), não existe apenas um protocolo para a análise de imagens de fMRI, no entanto há uma sequência base de passos para o seu processamento:

1. Adquirir e reconstruir as imagens individuais
2. Corrigir a fase das séries temporais para variações de *timing* dos cortes obtidos
3. Aplicar uma correcção de movimento para corrigir movimentos da cabeça
4. Suavização espacial dos dados para aumentar SNR
5. Filtrar cada série temporal de voxel's para remover variações temporais e ruído de elevada frequência
6. Realizar a análise estatística (através da geração de um mapa estatístico paramétrico – SPM)
7. *Thresholding* do SPM para encontrar as regiões activas significantes (Queirós, 2011).

## 2.2 Anatomia cerebral

Muitas pesquisas abrangentes que usaram técnicas de electrofisiologia, histoquímica, imunocitoquímica, além de muitas outras, resultaram num grande aumento do conhecimento sobre as conexões dos neurónios do córtex cerebral. Essa informação, combinada com novos métodos de estudo das funções do córtex cerebral humano, através de electroencefalogramas (EEG), tomografia por emissão de positrões (PET) e Ressonância Magnética, levou a uma nova compreensão das funções das diferentes áreas e das diversas camadas do córtex cerebral (Snell, 2003).

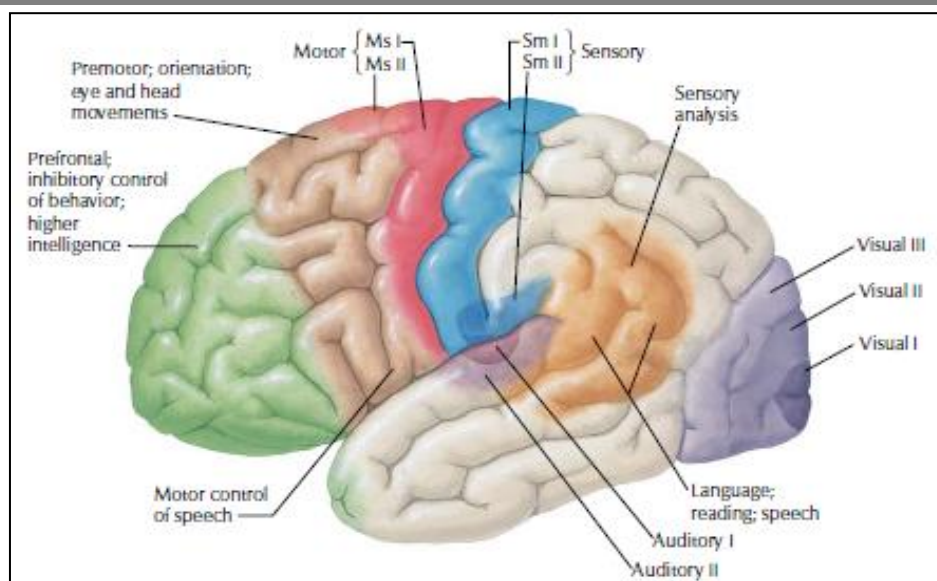
O cérebro é dividido em hemisférios direito e esquerdo pela **fenda inter-hemisférica**. Os acidentes mais evidentes na superfície de cada hemisfério são as numerosas pregas chamadas **circunvoluções**, que permitem a existência, dentro da cavidade craniana, de um considerável volume de córtex cerebral (Fig. 2.18). As fendas entre as circunvoluções denominam-se por **sulcos** (Seeley, Stephens & Tate, 2003).



**Fig. 2.18** - Organização do cérebro. (Netter et al, 2002)

Cada hemisfério cerebral está dividido em lobos, que se designam pelos nomes dos ossos do crânio que estão por cima de cada um.

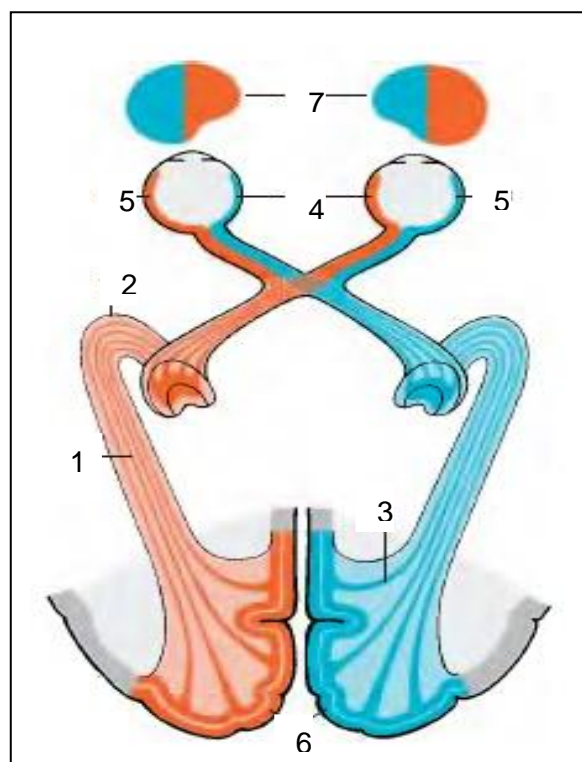
O **lobo frontal** é importante na função motora voluntária, motivação, agressão, sentido do olfacto e humor. O **lobo parietal** é o principal centro de recepção e avaliação de informação sensorial, excepto no que respeita ao olfacto, audição e visão. O **lobo temporal** recebe e avalia os estímulos olfactivos e auditivos e desempenha um papel importante na memória. O **lobo occipital** (o qual se dará mais ênfase neste trabalho) actua na recepção e integração de estímulos visuais e não está claramente separado dos outros lobos (Fig. 2.19) (Seeley, Stephens & Tate, 2003).



**Fig. 2.19** - Córtex cerebral. Localização das funções cerebrais. (Netter et al, 2002)

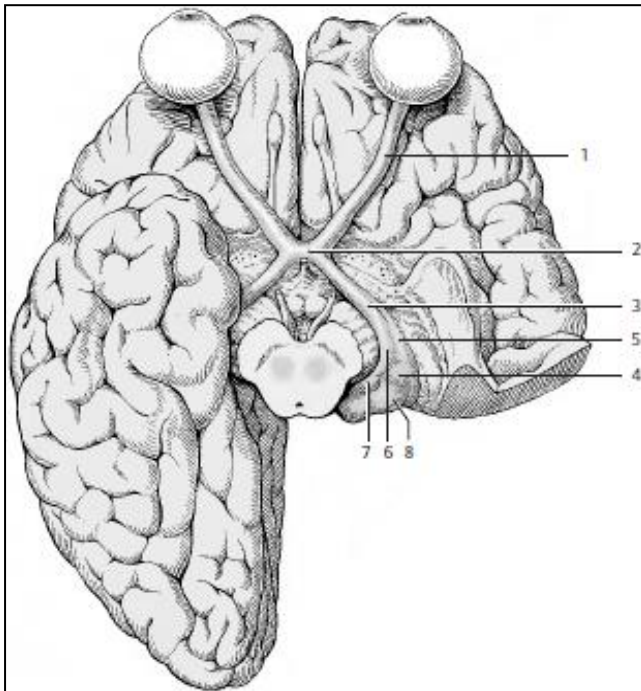
No que diz respeito a este último lobo, é importante salientar as diferentes áreas que o compõem. A **área visual primária** (área 17 de *Brodman* ou V1) está situada nas paredes da parte posterior do sulco calcarino, ocasionalmente, estendendo-se em torno do pólo occipital para a superfície lateral do hemisfério (Snell, 2003).

O córtex visual recebe fibras aferentes do corpo geniculado externo. Essas fibras, inicialmente, seguem para a frente, em direcção da região anterior do lobo temporal, voltando-se em seguida para trás, até ao córtex visual primário, no lobo occipital. O córtex visual de cada hemisfério recebe fibras da metade temporal da retina ipsilateral e da metade nasal da retina contralateral. Assim, a metade direita do campo visual está representada no córtex visual do hemisfério cerebral esquerdo, e vice-versa (Fig. 2.20 e 2.21). Também é importante notar que os quadrantes superiores retinianos (campo visual inferior) passam para a parede superior do sulco calcarino, enquanto os quadrantes inferiores retinianos (campo visual superior) passam para a parede inferior do sulco calcarino (Snell, 2003).



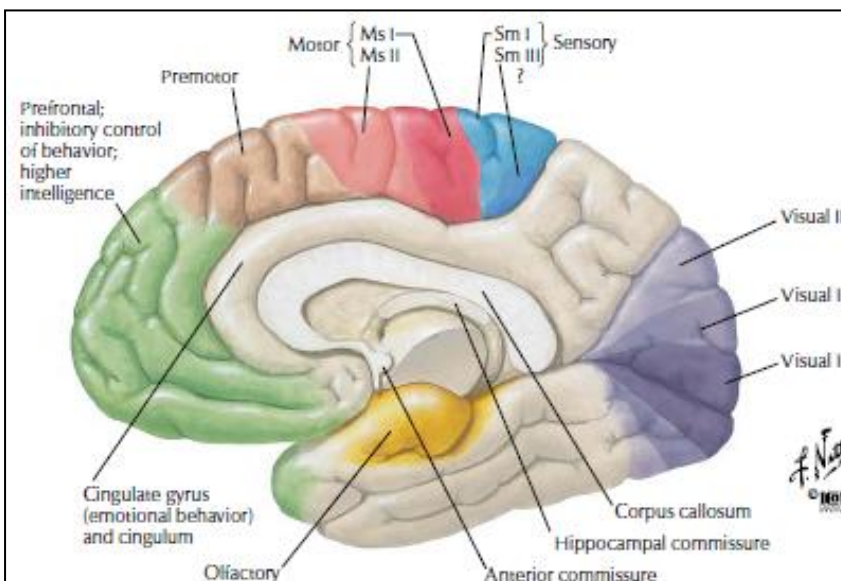
**Fig. 2.20** – Fibras do Nervo óptico. 1 – Radiação óptica; 2 – Genu temporal; 3 – Fibras; 4 – Metade nasal; 5 – Metade temporal; 6 – Área estriada; 7 – Campos visuais. (Kahle, Frotsher, 2003)

A mácula lútea, que é a área central da retina e a área para a mais perfeita visão (maior acuidade), está representada no córtex na parte posterior da área 17 de *Brodmann* ou V1, representando um terço do córtex visual. Os impulsos visuais das partes periféricas da retina terminam, em círculos concêntricos, anteriores ao pólo occipital, na parte anterior da área 17 de *Brodmann* ou V1 (Snell, 2003).



**Fig. 2.21** - Nervo óptico e trato óptico. 1 - Nervo óptico; 2 - Quiasma óptico; 3 - Trato óptico; 4 - Corpo geniculado; 5 - Raiz lateral; 6 - Raiz medial; 7 - Corpo geniculado medial; 8 - Tálamo. (Kahle, Frotsher, 2003)

A **área visual secundária** (áreas 18 de *Brodmann* ou V2 e 19 de *Brodmann* ou V3) circunda a área primária, nas superfícies medial e lateral do hemisfério (Fig. 2.22). Essa área recebe fibras aferentes da área 17 de *Brodmann* ou V1 e de outras áreas corticais, bem como do tálamo. A função da área visual secundária é a de relacionar a informação visual, recebida pela área visual primária, às experiências passadas, permitindo, assim, que a pessoa reconheça e aprecie o que está a ver (Snell, 2003).



**Fig. 2.22** - Córtex cerebral. Localização das funções cerebrais. (Netter et al, 2002)

Acredita-se que o campo ocular visual fique na área visual secundária, nos humanos. A sua estimulação produz movimentos conjugados dos olhos, especialmente, para o lado oposto. Admite-se também que a função desse campo ocular seja reflexa, sendo associada aos movimentos dos olhos, quando está a seguir o movimento de um objecto (Snell, 2003).

## 2.3 Deficiência visual

### 2.3.1 Definição

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2013), deficiência caracteriza-se pela perda da normalidade de uma parte do corpo (estrutura) ou função corporal (função fisiológica). Entre as funções fisiológicas estão incluídas as funções mentais. A deficiência visual é a perda da normalidade dos órgãos da visão e podendo declinar em cegueira total ou parcial.

Conforme Maule (2005), um indivíduo deficiente visual possui um modo diferente de se expressar e interagir com o mundo, pois de acordo com Masini (1994, in Maule, 2005), "[ ... ] dispor de todos os órgãos dos sentidos é diferente de contar com a ausência de um deles: muda o modo próprio de estar no mundo e relacionar-se".

A diferenciação dos indivíduos portadores de deficiência visual pode ser classificada de diferentes modos: legal, educacional e desportiva (esta última será melhor definida no capítulo 2.4). Todos estes modos baseiam-se em elementos clínicos, que segundo Munster (1998, in Maule, 2005), Gorgatti e Costa (2005, in Maule, 2005) são:

- Acuidade visual: capacidade de se distinguir detalhes e está relacionada com o tamanho e a distância do objecto. Determina a função macular (visão central); por exemplo, uma pessoa que possua acuidade visual de 20/200, significa que ela precisa estar a 20 pés (+- 6 metros) de um objecto para identificá-lo, enquanto uma pessoa com visão normal o identificaria a 200 pés (+- 61 metros) de distância;
- Campo visual: é o conjunto de pontos do espaço que um olho imóvel pode abranger. E assim a capacidade de aproveitamento da visão periférica; ao fixarmos um ponto, cada olho vê ao redor deste ponto uma área ampla, denominada "campo visual". O

campo visual de um olho humano estende-se aproximadamente 100° lateralmente, 60° medialmente, 75° inferiormente e 50° superiormente;

- Visão funcional: é a associação da acuidade com o campo visual ou seja, aquilo que se vê realmente.

A classificação legal, segundo Almeida (1995, in Maule 2005) visa ceder garantias quanto às possibilidades de formação, trabalho etc., ou seja, estabelece os direitos como cidadão. Esta classificação varia de acordo com o país. Segundo o mesmo autor, no aspecto educacional, a classificação dos deficientes visuais está directamente ligada à alfabetização. São classificados como cegos aqueles que necessitam do sistema Braille para a alfabetização e, visão sub-normal aqueles que utilizando o seu resíduo visual, têm a possibilidade de alfabetização através do uso de tinta.

Havendo um resíduo visual, por menor que seja, ele deve ser constantemente estimulado através do uso de lentes especiais e materiais com diferentes texturas e formatos (Maule, 2005).

### 2.3.2 Diferentes tipos de deficiência visual

A deficiência visual pode ser classificada como: temporária (reversível) ou permanente (irreversível), sendo ela progressiva (piora com o tempo), regressiva (melhora com o tempo) ou estática (estabilizadas); além disso, pode ser também intermitente (surge durante determinado período, como por exemplo, a "cegueira nocturna") ou contínua (durante o tempo todo). Pode ainda ser classificada de acordo com a origem da deficiência: primária (independente de outras doenças ou deficiências) ou secundária (surge a partir de outras doenças ou deficiências) (Maule, 2005).

Segundo Maule (2005) outra maneira de classificação da deficiência visual é de acordo com o momento em que a deficiência foi adquirida. Ela pode ser classificada como adquirida, quando surge após os cinco anos de idade, em acidentes, por doenças ou desenvolvimento inadequado; ou congénita, quando surge com o nascimento ou no caso da deficiência visual até aos cinco anos de idade, independente da causa, pois somente a partir desta idade é que os órgãos da visão estão completamente desenvolvidos (tabela 2.1).

**Tabela 2.1 - Classificação da Deficiência Visual** (Crós, et al, 2006)

Deficiência visual congénita		Deficiência visual adquirida	
<b>Albinismo</b>	Patologia caracterizada pela deficiência na pigmentação da íris, o que resulta em grande sensibilidade à luz	<b>Ambliopia</b>	Baixa acuidade visual em decorrência do estrabismo
<b>Aniridia</b>	Ausência ou má formação da íris, resultando na deficiência visual	<b>Anisometropia</b>	Condição em que o erro refractivo é diferente entre os olhos
<b>Atrofia óptica</b>	Deterioração de parte ou de todas as fibras nervosas do nervo óptico.	<b>Astigmatismo</b>	São variações na curvatura dos meridianos da córnea que podem causar distorção e embaçamento da visão.
<b>Catarata</b>	Opacidade do cristalino, causando o embaçamento da visão, pode ser congénita ou adquirida.	<b>Catarata</b>	Pode ser corrigida através de cirurgia com implante de uma lente artificial na parte interna da estrutura capsular do cristalino.
<b>Coroidorretinite macular</b>	Inflamação da coróide e retina, atingindo a mácula geralmente causada por toxoplasmose	<b>Conjuntivite</b>	Inflamação na conjuntiva
<b>Estrabismo</b>	Os olhos encontram-se desalinhados impedindo a fusão da imagem	<b>Descolamento de retina</b>	Separação entre as diferentes camadas da retina, decorrente de inflamações e infecções.
<b>Glaucoma</b>	Aumento anormal da pressão intra-ocular	<b>Diabetes</b>	Doença metabólica que pode levar a diversas alterações visuais.
<b>Hipermetropia</b>	Erro da refração que dificulta a focalização de objectos próximos	<b>Glaucoma</b>	Pode ser congénito ou adquirido
<b>Miopia</b>	Dificuldade em observar com nitidez objectos afastados	<b>Presbiopia ou vista cansada</b>	Perda da capacidade de acomodação da lente decorrente do processo de envelhecimento, resultando em limitações visuais.
<b>Retinose Pigmentar</b>	Degeneração e atrofia da retina iniciando na região periférica conduzindo ao afunilamento gradativo da visão	<b>Retinoblastoma</b>	Doença manifestada por presença de tumor maligno na retina de um ou dos dois olhos, aparece geralmente antes dos cinco anos.
<b>Rubéola materna</b>	Infecção febril e virótica que pode resultar na deficiência visual, na perda auditiva e em deficits mentais e neurológicos quando a mãe sofre o contágio no primeiro trimestre de gestação.	<b>Retinopatia da prematuridade</b>	Neurovascularização dos vasos retinianos por excesso de oxigenação em bebés prematuros mantidos em incubadoras, há formação de uma membrana pós-cristalina e geralmente provoca deslocamento da retina
<b>Sífilis</b>	É uma doença infecciosa que pode causar a paralisia do nervo oculomotor	<b>Sarampo</b>	Doença aguda virótica, com evolução febril que pode levar a cegueira.
<b>Toxoplasmose</b>	Pode causar inflamação na retina, resultando na deficiência visual.	<b>Síndrome de Wolfram</b>	É uma condição neurodegenerativa progressiva de herança autossómica recessiva caracterizada pela presença de diabetes mellitus e atrofia óptica.
		<b>Subluxação do cristalino</b>	Deslocamento parcial do cristalino afectando os principais mecanismos de refração e acomodação podendo causar hipermetropia
		<b>Toxoplasmose</b>	Pode ser congénita, através da transmissão da mãe ao feto durante a gestação ou adquirida, através do contacto com fezes de animais contaminados ou da ingestão de carne crua ou mal cozida infectadas pelo protozoário <i>Toxoplasma gondi</i> .
		<b>Traumatismos diversos</b>	Causados por acidentes de automóvel, de trabalho ou com arma de fogo, quedas, perfurações, queimaduras, entre outros

Pelo facto de a capacidade visual total não ser inata (uma criança de seis meses de idade por exemplo, possui 1/30, aproximadamente 0,03% da capacidade visual total; aos nove meses possui 3/20 aproximadamente 0,15%; aos dois anos 10/20 e aos quatro anos 8/10, aproximadamente 80%) (Hugonnier-Clayette, 1989, in Moule, 2005) a criança que tem a sua visão afectada até aos 5 anos de idade tem o quadro caracterizado como congénito, pois não possui uma memória visual considerável. A partir dos quarenta anos de idade, há uma deterioração progressiva da função visual. Segundo Hugonnier-Clayette (1989, in Maule, 2005) para se determinar a capacidade visual, outros factores devem ser considerados, como por exemplo: a visão binocular (visão nos dois olhos), a visão das cores, a adaptação às diferentes luminosidades e a capacidade de resistência à ofuscação. A perda da visão binocular ou monoftalmia implica a perda da visão do relevo e problemas na avaliação das distâncias, o que pode causar dificuldades em subir degraus, saltar obstáculos, alcançar e lançar objectos em locais pré-determinados. Um adulto necessita de um período de um a dezoito meses para que haja adaptação e quanto mais jovem a pessoa perder a visão binocular mais fácil será esta adaptação. (Maule, 2005).

### 2.3.3 Plasticidade cerebral

“Plástico” deriva do grego πλαστιδικά (plastos), que significa moldado. De acordo com o *Oxford English Dictionary*, ser plástico refere-se à habilidade de passar por mudanças de forma. William James (1890, in Pascual- Leone, et al., 2005), em *The Principles of Psychology*, foi o primeiro a introduzir o termo ‘plasticidade’ nas neurociências em referência à susceptibilidade do comportamento humano para modificação (Pascual-Leone, et al., 2005).

Até meados do século passado, supunha-se que os neurónios não possuíam capacidade para se dividirem, sendo impossível de se fazer algo quando as conexões e neurónios eram perdidos em consequência de lesões. A falta de conhecimentos específicos sobre a maleabilidade cerebral acabava por favorecer uma inércia terapêutica, em que se esperava apenas por uma recuperação espontânea das funções danificadas (Silva & Kleinhans, 2006).

Hoje, sabe-se, porém, que ao ocorrer uma lesão cerebral, as áreas relacionadas podem assumir em parte ou totalmente as funções daquela área lesada. “Essa

plasticidade envolve todos os níveis do sistema nervoso, do córtex e até da medula espinal” (Gazzaniga & Heatherton, 2005, in Silva & Kleinhans, 2006).

A plasticidade cerebral é a denominação usada para: referenciar a capacidade adaptativa do sistema nervoso central; habilidade para modificar a sua organização estrutural e funcional. É, portanto, uma propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta à experiência e como adaptação a condições mutantes e a estímulos repetidos (Kandel & Schwartz, 2003; Kolb & Whishaw, 2002, in Silva & Kleinhans, 2006).

Existem várias teorias que tentam explicar as diferentes formas de como pode acontecer a recuperação das funções perdidas numa lesão cerebral:

- Poderia ser mediada por partes adjacentes de tecido nervoso que não foram lesadas e a consequência da lesão dependeria mais da quantidade de tecido poupado do que da localização da lesão;
- Pela alteração qualitativa da função de uma via nervosa controlando uma função que antes não era a sua;
- Por meio de estratégias motoras diferentes para realizar uma actividade que esteja perdida, sendo o movimento recuperado diferente do original, embora o resultado final seja semelhante (Kandel & Schwartz, 2003; Kolb & Whishaw, 2002, in Silva & Kleinhans, 2006).

Para se entender melhor este processo, é preciso conhecer melhor o neurónio, a natureza das suas conexões sinápticas e da organização das áreas cerebrais (Silva & Kleinhans, 2006).

O mecanismo de plasticidade envolve a estimulação de receptores na superfície celular por neurotransmissores, promovendo a activação de cascatas intracelulares complexas, a transcrição de genes e a síntese de novas proteínas que modificam a forma física e a estrutura das sinapses. (Vasconcelos, 2004, in Silva & Kleinhans, 2006). Os locais de contacto entre os axónios e os dendritos medeiam a plasticidade sináptica que fundamenta o aprendizagem, a memória e a cognição. Além disso, as redes de neurónios são rearranjadas a cada nova experiência, enquanto outras tantas sinapses são reforçadas, envolvendo múltiplas possibilidades de respostas (Vasconcelos, 2004, in Silva & Kleinhans, 2006). Em consequência disso, o potencial para a recuperação funcional após uma lesão depende de inúmeros factores, como idade do indivíduo, local e tempo da lesão e a sua natureza (Kandel & Schwartz, 2003; Ratey, 2002, in Silva & Kleinhans, 2006).

A reabilitação do cérebro lesado pode promover re-conexão de circuitos neuronais lesados. Quanto menor for a área lesada, maior a tendência de uma recuperação autónoma, enquanto que, uma grande lesão poderá ocasionar uma perda permanente da função. Essa reabilitação é muito maior em crianças do que em adultos (Gazzaniga & Heatherton, 2005, in Silva & Kleinhans, 2006). Estes autores afirmam que as conexões cerebrais, apesar de complexas e precisas, são altamente maleáveis, porém, podem ser afectadas por factores ambientais, como lesões ou privações sensoriais. Tal facto fortalece a importância da estimulação adequada logo em criança, permitindo, dessa maneira, a reorganização e plasticidade cerebral. Kandel e Schwartz (2003, in Silva & Kleinhans, 2006) corroboram Gazzaniga e Heatherton (2005, in Silva & Kleinhans, 2006) quando dizem que o sistema nervoso em desenvolvimento é mais plástico que o sistema nervoso do adulto, pois uma lesão numa criança é geralmente caracterizada por uma boa recuperação da função; já uma lesão num idoso pode ser mais devastadora.

## 2.4 Desporto em atletas com deficiência visual

O mundo é composto na sua maioria por informações e estímulos visuais, o que provoca uma série de limitações nos deficientes visuais. A ausência total ou parcial deste sentido não impossibilita uma vida normal na sociedade. Mas para que o deficiente visual adquira autonomia, uma série de factores, entre eles psicomotores, devem ser trabalhados integralmente (Maule, 2005).

Quanto maior for a autonomia para tomar as suas decisões, mais preparado o indivíduo portador de deficiência visual estará para lidar com novas situações, dominar o problema e encontrar uma ou mais soluções, o que fará com que se sinta mais produtivo e eficiente (Maule, 2005).

É de grande importância que a sociedade e os próprios deficientes visuais se consciencializem das possibilidades da prática de uma actividade física para o seu desenvolvimento normal, pois os deficientes visuais possuem uma ampla capacidade para se desenvolverem e, apesar das suas particularidades, possuem um potencial semelhante ao das pessoas ditas normais. Basta para isso oportunidade e profissionais preparados (Maule, 2005).

Para um indivíduo que possua um mínimo de visão, é necessário que exercite essa visão residual da melhor forma possível, para que mantenha a funcionalidade dessa pouca visão. Sendo assim, a prática de desporto pode exercer um importante papel, auxiliando na manutenção e minimização das perdas da capacidade visual e actuando sobre as potencialidades ao invés de actuar sobre as dificuldades (Maule, 2005).

Os deficientes visuais são classificados segundo uma classificação desportiva. De acordo com Almeida (1995, in Maule, 2005), a IBSA (International Blind Sport Federation), entidade que regulamenta as competições específicas para os deficientes visuais, estes são classificados em três categorias (B1, B2 e B3) de acordo com a acuidade e campo visual, são elas:

B1	•Engloba os atletas que não têm nenhuma percepção de luz em qualquer um dos olhos. Não têm a capacidade de reconhecer o formato de uma mão a qualquer distância ou em qualquer direcção, ou seja, são atletas que possuem no máximo 5% da capacidade visual de uma pessoa normovisual;
B2	•Vai desde a capacidade de reconhecer o formato de uma mão até a acuidade visual de 2/60 (2 pés = 0,60 metros) e/ou campo visual menor que cinco graus, sendo que os atletas que se enquadram nesta categoria, possuem entre 5% e 10% da capacidade visual de uma pessoa normovisual;
B3	•Da acuidade visual superior a 2/60 (2 pés = 0,60 metros) até a acuidade visual de 6/60 (6 pés = 1,83 metros) e/ou campo visual entre cinco e vinte graus, os atletas que se enquadram nesta categoria possui entre 10% e 20% da capacidade visual normal, é a categoria que pode haver maior diferença entre os atletas.

Em todos os casos, deve-se considerar o melhor olho, com a melhor correcção, ou seja, todos os atletas que utilizam lentes de contacto ou lentes correctivas deverão usá-las para enquadramento nas classes, quer pretendam competir utilizando-as ou não (Maule, 2005).

O atleta classificado como B1 é totalmente cego, o B2 tem entre 5% e 10% de visão e o atleta B3 tem entre 10% e 20% de visão, atletas que possuem mais de 20% da

capacidade visual competem contra os atletas sem deficiência visual. É importante lembrar que tanto os atletas B1 como os B2 em modalidades como o atletismo, por exemplo, necessitam da presença de guia; os atletas B1 por serem totalmente cegos e os atletas B2 por escasso resíduo visual (Maule, 2005).

#### 2.4.1 Características motoras do deficiente visual

De entre as características motoras da pessoa com deficiência visual, algumas delas ocorrem devido a falta de estimulação sensorial e os problemas decorrentes podem ser melhorados ou até mesmo remediados no dia-a-dia (Maule, 2005).

Pode-se destacar segundo Adams et al (1985, in Maule, 2005):

- Não têm controlo corporal, equilíbrio estático, coordenação ou agilidade normais, pois muitos destes indivíduos têm a superprotecção dos pais, amigos e professores; como consequência, não têm oportunidade de realizar movimentos activos durante o início da infância;
- Locomoção insegura, devido à falta de noção espacial, causada pela falta de experiências motoras e falta de exploração, conhecimento e adaptação do meio;
- Pouco controlo e consciência corporal, causada pela inexistência de uma imagem corporal. A imagem corporal surge como "a figuração do nosso corpo formada na nossa mente, ou seja, o mundo pelo qual o corpo se apresenta para nós" (Schilder, 1994, in Maule, 2005), portanto, é de se esperar que o deficiente visual congénito, que nunca viu o seu corpo, não tenha uma imagem corporal formada e o deficiente visual adquirido pode possuir uma imagem corporal pouco detalhada, isso pode prejudicar o seu controlo e principalmente a sua consciência corporal;
- Agilidade e velocidade comprometidas, devido também às poucas vivências, falta de noção espacial e conhecimento do local. É difícil para um deficiente visual correr sem antes realizar um reconhecimento do local, tem que saber o que vai encontrar pela frente, quais os obstáculos e dificuldades;
- Tónus muscular elevado; muitos apresentam a musculatura tensa devido a imprevisibilidade do ambiente;

- Postura inadequada, pois muitos, devido à sua incapacidade de ver, adoptam um porte defeituoso estendendo as mãos para frente a fim de evitar choques com objectos;
- Inseguranças ao movimentar-se, devido às poucas adaptações do meio, estes problemas afectam não apenas o deficiente visual como também o deficiente físico, ambos encontram muitas dificuldades em movimentarem-se no dia-a-dia;
- Cabeça protraída ou levantada que causa desnivelamento dos ombros e como consequência comprometimento da coluna vertebral, podendo dar origem a: cifose, estômago saliente com lordose correspondente e inclinação da cabeça para trás ou para frente. Na maioria das vezes, esta postura deve-se ao facto do indivíduo ter ou ter tido alguma percepção da luz ou baixa acuidade num dos olhos (pode estar a tentar focalizar este olho).

Munster (1998 in (Maule, 2005) destaca ainda certos "comportamentos estereotipados" apresentados pelos deficientes visuais (maneirismos) como por exemplo, fricção dos olhos (pressão e manipulação do globo ocular), balanceio ritmado da cabeça e/ou tronco e gestos repetitivos com as mãos. Os movimentos como o balanceio do tronco ou da cabeça podem estar associados à estimulação vestibular ou de outros órgãos dos sentidos, devido ao deficit da função visual. Estes maneirismos podem inibir ainda mais a interacção social do deficiente visual, pois os mesmos podem sentir-se constrangidos ou provocar o afastamento das pessoas do seu meio, além de aumentar a probabilidade de alguma lesão física.

#### 2.4.2 O judo

A origem do judo deu-se no Japão, em 1882 quando Jigoro Kano, aos vinte e três anos de idade, fundou o Instituto Kodokan, que se tornou no "alfa e ómega" dos ensinamentos e desenvolvimento desta arte marcial. Destinada esta à formação e preparação integral do homem através das actividades físicas de luta corporal e do aperfeiçoamento moral, sustentada pelos princípios filosóficos e exaltação do carácter, que era a essência do espírito marcial dos samurais (guerreiros medievais japoneses). Sendo assim, ao criar o judo, Jigoro Kano pretendia não apenas difundir pelo mundo

uma nova luta (ele via o judo como um estilo de vida), aprimorando não apenas o físico, como também o intelecto e o carácter; pretendia promover um ser humano mais consciente das suas responsabilidades perante ele mesmo e a sociedade (Maule, 2005).

A filosofia do judo é integrar o físico, a mente e o espírito. A sua técnica utiliza os músculos e a velocidade de raciocínio para dominar o oponente, tendo sempre em atenção o princípio “da máxima eficiência com o mínimo de esforço” (*seiryoku zen'yo*) e o princípio “da suavidade” (*ju*). O mestre fundador Jigoro Kano definia o judo como: "arte em que se usa ao máximo a força física e espiritual". Ainda segundo Kano, a vitória representa um fortalecimento espiritual e para se tornar num bom lutador, antes de tudo, é preciso ser-se um grande ser humano (Maule, 2005).

Relacionando os condicionantes motores e sociais comuns ao indivíduo com deficiência visual ao judo, este pode ser um grande auxílio só pelo facto de poder proporcionar ao deficiente visual a possibilidade de participação numa actividade física, levando a uma melhoria na resistência física, pois é necessária força e resistência para a prática de judo e por se tratar de uma luta de contacto directo exigindo também muita agilidade e explosão muscular. A prática de desporto pode também auxiliar no processo de melhoria na independência. O judo depende e muito do equilíbrio e de uma boa base, além do controlo corporal e noção de espaço e tempo, na medida em que a pessoa passa a ter maior controlo corporal e possivelmente a sua autoconfiança e mobilidade melhoram (Maule, 2005).

O judo possibilita também um maior contacto social, tanto entre os deficientes visuais como com os atletas normovisuais, pois a prática conjunta é totalmente possível, com algumas adaptações mínimas, o que pode trazer novas amizades e diminuir a sua inibição e apatia. O deficiente visual ao praticar judo pode-se sentir mais capacitado, mais produtivo, melhorando a sua autoestima. A prática do judo pode assim, abrir novas possibilidades, trazendo um incentivo para futuras práticas desportivas. O judo pode, ainda, vir a ser uma importante ferramenta no desenvolvimento motor do indivíduo, já que entre as suas principais características está o equilíbrio e orientação espacial (Maule, 2005).

O judo, como actividade física, pode, pois, influenciar positivamente o desenvolvimento motor do deficiente visual, o que faz deste desporto uma actividade

significativa para o aluno, segundo Abreu e Masetto (1980, in Maule, 2005), e, quanto mais significativo para o aluno, mais rápido será o processo de aprendizagem, ocorrendo assim diminuição do número de repetições necessárias para a memorização e melhoramento do tempo de retenção do que foi aprendido.

Existem várias vertentes de treino no judo: a luta no chão (Ne-waza) é uma delas, sendo este tipo de luta mais fácil de ser realizada pelos alunos com deficiência visual e iniciantes. É pois de grande importância para a aquisição de autoconfiança e autoconhecimento, além de uma boa noção corporal e sociabilização. Porém, a luta em pé (Tachi-waza) é a que melhor desenvolve o equilíbrio, a noção espaço-temporal, a lateralidade e a coordenação motora e como consequência provoca uma melhoria da marcha. Outro elemento importante do judo são as quedas (Ukemis). Através delas o aluno diminuirá e até perderá o medo de cair e quando cair, o fará sem maiores danos, melhorando a sua autonomia para caminhar e diminuindo a rigidez na marcha, muito comum entre os deficientes visuais (Maule, 2005).

Nos campeonatos e até mesmo nos treinos, as únicas diferenças que se podem observar na prática desta modalidade de um praticante com deficiência visual para um praticante sem qualquer deficiência, é que todos os combates se iniciam já com as “pegas” (mão direita na gola esquerda do *kimono* do oponente e mão esquerda na manga direita do oponente) efectuadas, com o auxílio do árbitro ou até mesmo de colegas de treino sem privação de visão, sendo a luta interrompida quando os competidores perdem contacto e os judocas não são punidos quando saem da área de combate.

### **III - METODOLOGIA**

Neste capítulo está descrito todo o procedimento efectuado para a aquisição das imagens funcionais.

#### **3.1 Local da aplicação do estudo**

Os dados foram recolhidos no Hospital CUF Descobertas no mês de Maio de 2013. Após a aquisição das imagens realizou-se o seu processamento utilizando a fMRIB *Software Library* – FSL.

#### **3.2 Considerações prévias**

Todos os voluntários envolvidos neste estudo foram devidamente esclarecidos acerca dos objectivos e procedimentos inerentes ao mesmo, declarando o seu consentimento informado por escrito e colaborando de livre e espontânea vontade.

Preencheram também um questionário antes de realizarem a Ressonância Magnética com o objectivo de garantir condições de segurança e evitar prejuízos para os mesmos (ANEXO I).

Este estudo foi autorizado pelo Conselho de Administração do Hospital CUF Descobertas (ANEXO II).

#### **3.3 Equipamento utilizado**

Foi utilizado um equipamento de RM 1,5 T, *General Electric* (GE) com uma bobine de transmissão/recepção de crânio com 8 canais (neurovascular).

#### **3.4 Caracterização da amostra**

Segundo uma selecção não probabilística, foram estudados 12 indivíduos voluntários, judocas, sendo 6 judocas com deficiência visual e 6 judocas normovisuais, com idades entre os 19 e os 52 anos, todos eles destros. Na seguinte tabela estão enunciadas todas as características dos voluntários.

Tabela 3.1 – Dados dos Judocas com deficiência visual

Nº	Idade	Etnia	Sexo	Clube	Graduação	Anos de prática de judo	Tipo de cegueira	Causa da cegueira
1	24	Negra	M	Clube Judo Total	5º Kyu (C. Amarelo)	8	Cego total. Defic. congénita	Descolamento da retina
2	26	Cauc.	M	Clube Judo Total	3º Kyu (Cinto verde)	5	Cego total. Defic. congénita.	Neurite óptica
3	37	Cauc.	M	Clube Judo Total	2º Kyu (Cinto azul)	7	Cego total. Defic. adquirida (Aos 12 anos)	Retinite Pigmentosa
4	22	Cauc.	M	Clube Judo Total	2º Kyu (Cinto azul)	7	Cego total. Defic. adquirida (Aos 15 anos)	Síndrome de Wolfram
5	25	Negra	M	Clube Judo Total	6º Kyu (C. branco)	3 meses	Cego total. Defic. adquirida (Aos 18 anos)	Descolamento da retina
6	28	Negra	M	Clube Judo Total	2º Kyu (Cinto azul)	8	Cego total. Defic. adquirida (Aos 20 anos)	Descolamento da retina

Tabela 3.2 – Dados dos Judocas normovisuais

Nº	Idade	Etnia	Sexo	Clube	Graduação	Anos de prática de judo
I	20	Negra	F	Judo Lisboa	1º Dan (Cinto preto)	5
II	52	Caucasiana	M	Judo Lisboa	1º Dan (Cinto preto)	40
III	20	Caucasiana	M	Judo Lisboa	1º Dan (Cinto preto)	14
IV	27	Caucasiana	M	Judo Lisboa	1º Dan (Cinto preto)	20
V	19	Caucasiana	F	Judo Lisboa	1º kyu (Cinto castanho)	15
VI	19	Caucasiana	M	Judo Lisboa	1º Dan (Cinto preto)	12

**Critérios de inclusão:** Homens e mulheres com idade superior a 18 anos praticantes de judo (indivíduos com deficiência visual e indivíduos normovisuais)

**Critérios de exclusão:** Homens e mulheres praticantes de judo (indivíduos com deficiência visual e indivíduos normovisuais) com outras doenças associadas que não cegueira, portadores de *pacemaker* ou material metálico.

**Critérios de eliminação:** Homens ou mulheres claustrofóbicos ou que tivessem dificuldade em colaborar na correcta realização do exame.

### 3.5 Procedimento do exame

#### 3.5.1 Preparação do voluntário

Cada voluntário foi devidamente instruído, para a realização do exame, relativamente à metodologia dos paradigmas, a fim de evitar ansiedade e conseqüente movimento da cabeça. Houve também um cuidado especial no posicionamento dos voluntários de maneira a estarem o mais confortáveis possível. Foi indicado que permanecessem com os olhos fechados durante todo o exame.

#### 3.5.2 Exame

Foi realizado um protocolo standard para todos os voluntários, sendo este composto por uma RM morfológica e uma RM funcional. A RM morfológica é necessária para avaliar a anatomia cerebral, por outro lado, a RM funcional foi realizada para obter os mapas funcionais do córtex cerebral que foi activado depois dos voluntários serem confrontados com diferentes paradigmas, tendo o exame uma duração total média de 30 minutos.

Na tabela 3.3, estão presentes todos os parâmetros usados para a aquisição das imagens estruturais e funcionais.

Tabela nº 3.3 - Parâmetros técnicos utilizados para a aquisição das imagens

	FSPR T1 – volumétrico	Flair	Repouso	Mãos	Fala	Toque
TR	9,3 ms	8000 ms	2200 ms	2200 ms	2200 ms	2200 ms
TE	3,7 ms	140 ms	50 ms	50 ms	50 ms	50 ms
IT	-	2000 ms	-	-	-	-
Tempo de preparação	450 ms	-	-	-	-	-
Tempo de aquisição	3:25 min	2:41 min	4:35 min	4:35 min	4:35 min	4:35 min
Nº de cortes	120	21	31	31	31	31
Espessura de corte	1,2 mm	5 / 1,2mm	4 / 1,2mm	4 / 1,2mm	4 / 1,2mm	4 / 1,2mm
Flip Angle	13º	90º	90º	90º	90º	90º
Matriz	256/256	256/224	64/64	64/64	64/64	64/64
Frequência	256	256	64	64	64	64
Fase	256	224	64	64	64	64
NEX	1	1	1	1	1	1
FOV	24 cm	24 cm	24 cm	24 cm	24 cm	24 cm
Plano de aquisição	Axial	Axial	Axial	Axial	Axial	Axial
Direcção da codificação de fase	Dta -> Esq	Dta -> Esq	Dta -> Esq	Dta -> Esq	Dta -> Esq	Dta -> Esq
Bandwith	25 KHz	25 KHz	250 KHz	250 KHz	250 KHz	250 KHz

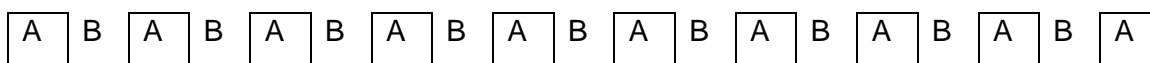
Foi utilizada uma sequência de alta resolução ponderada em T1, para permitir a sobreposição das regiões funcionais no espaço anatómico. Para exclusão de doenças neurológicas foram adquiridas imagens com ponderação FLAIR utilizando cortes axiais.

A RM funcional foi realizada em 4 etapas: a primeira em repouso e nas seguintes os voluntários foram submetidos a 3 estímulos diferentes (execução motora, imagética motora, sensorial táctil).

#### Paradigma de execução motora

Relativamente ao paradigma de execução motora, os voluntários foram instruídos previamente e durante a realização do exame (através do intercomunicador instalado entre a sala de controlo e a sala de exame) para abrirem e fecharem a mão direita e

mão esquerda alternadamente (15 segundos cada mão), segundo as ordens do Técnico de Radiologia. É importante referir que todos os voluntários eram destros.



**Fig. 3.1** - Esquema representativo do paradigma de execução motora: A – mão direita, B –



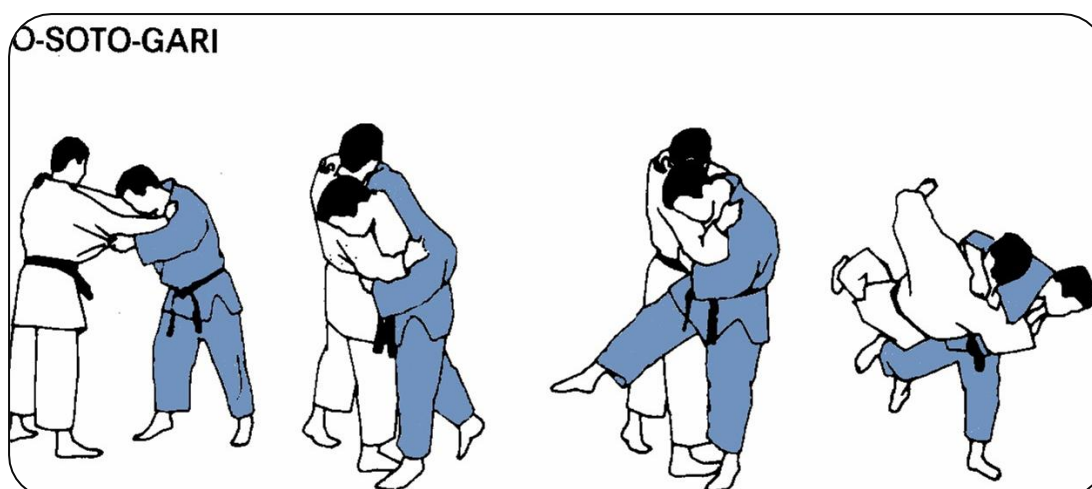
**Fig. 3.2** - Demonstração do movimento das mãos (Pereira, 2010)

### Paradigma de imagética motora

Seguidamente procedeu-se à aquisição de imagens mas agora com um paradigma de imagética motora através de um estímulo verbal. Em que o Técnico de Radiologia proferia durante 15 segundos nomes de golpes de judo (que exigem determinados movimentos específicos) alterando com um período de repouso (15 segundos) com o objectivo dos voluntários aquando do estímulo imaginassem a técnica com todos os movimentos que teriam que realizar para executar os golpes pedidos.



**Fig. 3.3** - Esquema representativo do paradigma sonoro: C – período de repouso, D – 3 golpes de judo em pé (Osoto-gari, Uchimata, Ogoshi), E – 2 golpes de judo no chão (Hon-kesa-gatame, Kami-shio-gatame)



**Fig.3.4** - Demonstração de técnica de judo em pé – O-soto-gari (Moreno, 2011)



Fig. 3.5 - Demonstração de técnica de judô em pé – Uchi-mata (Moreno, 2011).



Fig.3.6 - Demonstração de técnica de judô em pé – O-goshi (Silva, N.d)

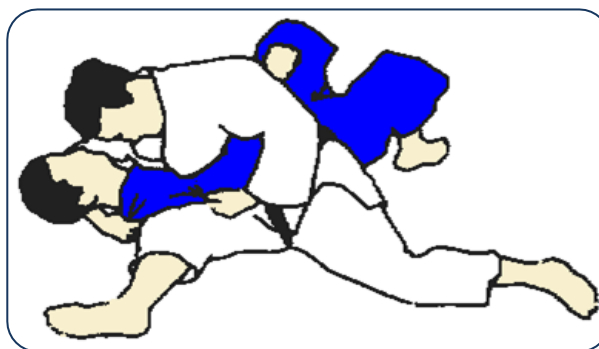


Fig.3.7 - Demonstração de técnica de judô no chão – Hon-kesa-gatame (K. F., 2010).



Fig.3.8 - Demonstração de técnica de judô no chão – Kami-shio-gatame (GladenBach, 2011)

### Paradigma sensorial táctil

Por fim, a última sequência de aquisição de imagens funcionais foi alternando um período de repouso (15 segundos) com um período de activação (15 segundos), neste caso através de um paradigma sensorial táctil, em que o Técnico de Radiologia estava presente na sala de exames e ia passando o fato de judo na mão direita do voluntário.



**Fig.3.9** - Esquema representativo do paradigma sensorial táctil: C – período de repouso, F – passagem do fato de judo na mão direita do voluntário.



**Fig.3.10** - Fato de judo e mãos na posição correcta.

### 3.5.3 Pré teste

Este estudo incluiu um pré-teste, de modo a otimizar as sequências utilizadas. Foram feitas aquisições de imagens a dois voluntários que não fizeram parte da amostra deste trabalho.

Para haver controlo das variáveis moderadoras sobre a variável dependente foram mantidas todas as condições de aquisição das imagens, nomeadamente ao nível da aplicação dos objectos tácteis, aplicação dos paradigmas, tempos, instruções prévias, condições de luminosidade, instruções verbais e tom de voz.

### 3.6 Processamento de imagem

Após a aquisição de dados, é necessário, com o intuito de obter as respectivas áreas funcionais, realizar o pré e pós-processamento destes, sendo analisados através de software apropriado, onde se procede à preparação do protocolo de estimulação para

posterior tratamento estatístico. O processamento das imagens adquiridas foi realizado na FMRIB Software Library – FSL, tendo como principal vantagem possibilitar um maior controlo do utilizador sobre todos os parâmetros utilizados na análise.

O programa FSL é composto por vários módulos para a análise de imagens médicas e foram utilizadas, em particular, duas ferramentas. O *MELODIC* (Multivariate Exploratory Linear Optimized Decomposition into Independent Components), versão 3.0, para detectar a activação cerebral baseada nas alterações do sinal BOLD. Este módulo utiliza uma análise de componentes independentes (ICA - Independent Component Analysis ) para decompor um único ou vários conjuntos de dados 4D em componentes espaciais e temporais diferentes (FMRIB Centre, 2012) (<http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/MELODIC>). O outro módulo utilizado foi o *FEAT*, versão 6.0, para detectar activação cerebral baseada nas alterações do sinal *BOLD*.

As imagens adquiridas foram exportadas pelo equipamento de RM em formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). De modo a que os dados pudessem ser analisados no FSL, foi necessário converter as imagens para o formato NIFTI (Neuroimaging Informatics Technology Initiative) (FMRIB Centre, 2012) (<http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl>), através do programa MRICron. Neste estudo foram efectuadas análises de grupo (invisuais vs normovisuais) e análises individuais (cada voluntário separadamente) através destas duas ferramentas (*MELODIC* e *FEAT*).

O pré-processamento, a análise estatística e a apresentação das imagens de activação, são três etapas fundamentais para a análise dos dados obtidos através da fMRI.

### 3.6.1 Processamento dos dados no FSL

A fim de reduzir artefactos nas imagens e de modo a aumentar a sensibilidade na análise estatística, permitindo assim obter melhores resultados, uma série de operações matemáticas são tipicamente realizadas. Os passos mais importantes do pré-processamento independentes entre si e incluem: correcção e filtragem temporal, detecção e correcção de movimento e filtragem espacial (Baert et al, 2007).

#### **Correcção e Filtragem temporal**

É importante realizar uma correcção temporal do sinal, para que a análise dos dados seja o mais correcta possível. Na fMRI são adquiridos volumes de imagens. Cada

volume contém várias imagens, mas estas não são todas adquiridas ao mesmo tempo. As séries temporais podem, por isso, ser corrigidas de modo a que fiquem alinhadas, em fase. O método mais frequentemente utilizado neste tipo de correcção é a interpolação temporal (Baert et al, 2007).

### **Deteção e correcção de movimento**

Durante a aquisição das imagens uma das principais fontes de artefactos é o movimento da cabeça. A correcção deste movimento é assim um passo importante para melhorar a qualidade dos dados para posterior análise estatística.

Movimentos respiratórios, ou outros movimentos involuntários, podem provocar alterações na intensidade dos pixels das imagens adquiridas. Uma vez que a análise estatística é realizada individualmente para cada pixel tendo em conta a evolução temporal do sinal, antes de se iniciar esta análise, é necessário assegurar que todos os volumes adquiridos se encontram alinhados. Correcções destes movimentos são por isso realizadas, tendo em conta possíveis translações e rotações da cabeça (Baert et al, 2007).

### **Filtragem espacial**

Com o fim de se aumentar a relação sinal-ruído (RSR) das imagens, é aplicado um filtro espacial nestas. No entanto, a aplicação destes filtros (de suavização) faz com que as altas frequências da imagem sejam eliminadas ou atenuadas, resultando numa perda da resolução espacial. De modo a ter em conta este facto, deve-se procurar um equilíbrio entre, um aumento da RSR, e a manutenção de uma boa/razoável resolução espacial da imagem funcional (Baert et al, 2007).

### **Filtragem temporal**

Tal como a filtragem espacial, através da filtragem temporal também é possível melhorar a RSR. Este filtro remove as oscilações de alta frequência na série temporal (oscilações associadas aos ciclos cardíaco e respiratório), ao mesmo tempo que é conservado o sinal de interesse, sobretudo as frequências definidas pela estrutura temporal do paradigma utilizado (Baert et al, 2007).

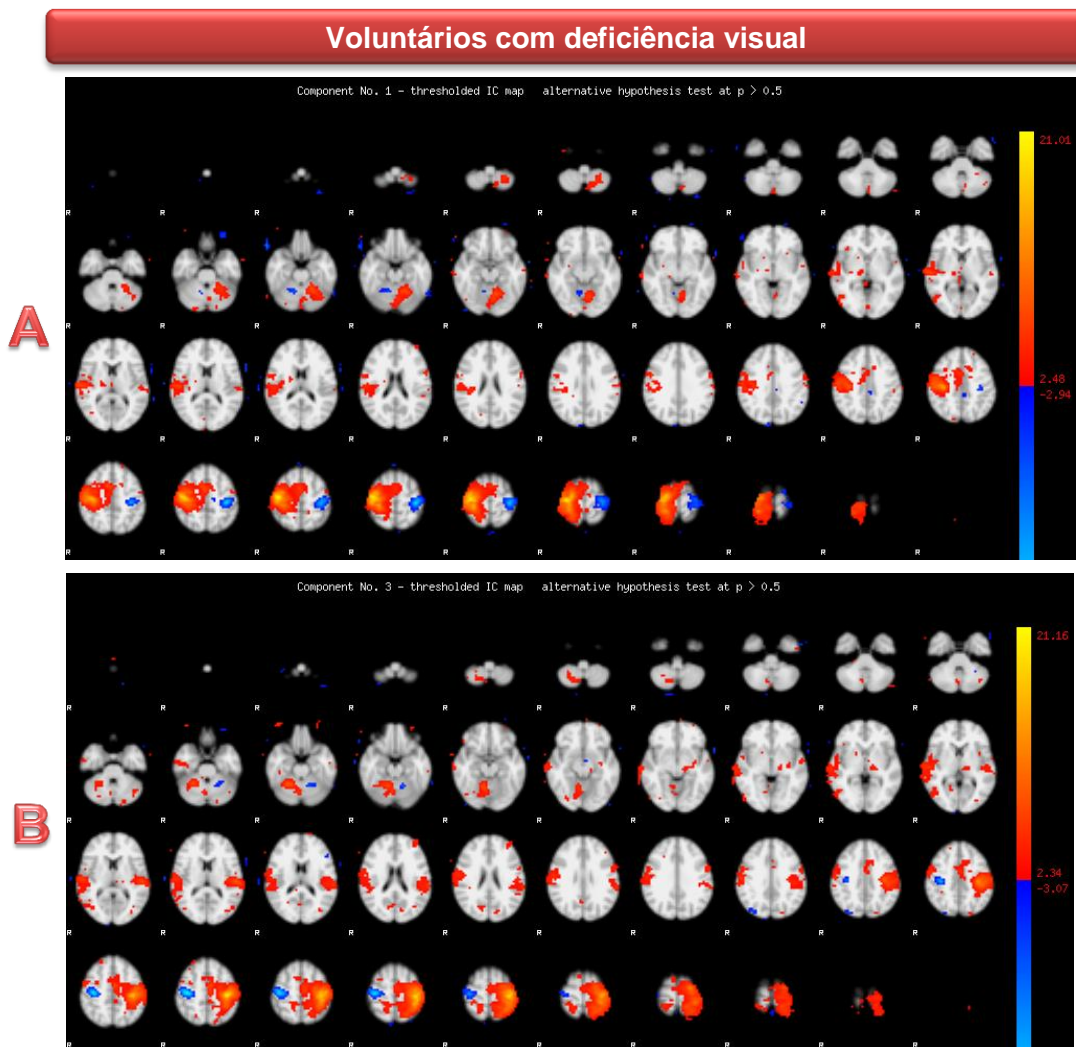
## IV Resultados

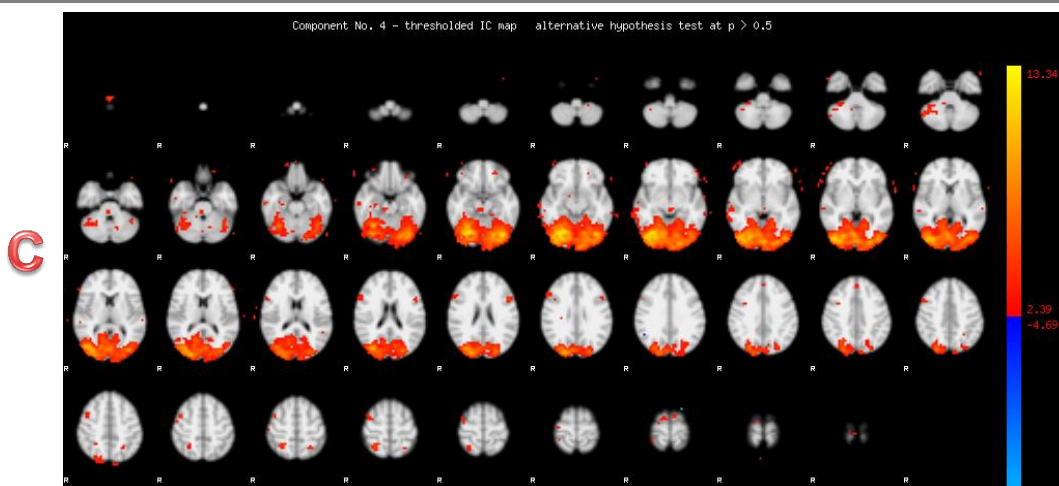
Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através do protocolo utilizado. Foram analisadas as áreas activadas, a sua intensidade e extensão de activação.

### 4.1 Resultados relativamente ao paradigma de execução motora

Nos 12 voluntários estudados, foi obtida activação no córtex motor da mão esquerda e da mão direita. Alguns voluntários activaram também regiões do cerebello e córtex visual. Como exemplo são apresentadas nas Figuras abaixo, imagens obtidas através dos 2 grupos de voluntários e analisadas com o auxílio do software FSL.

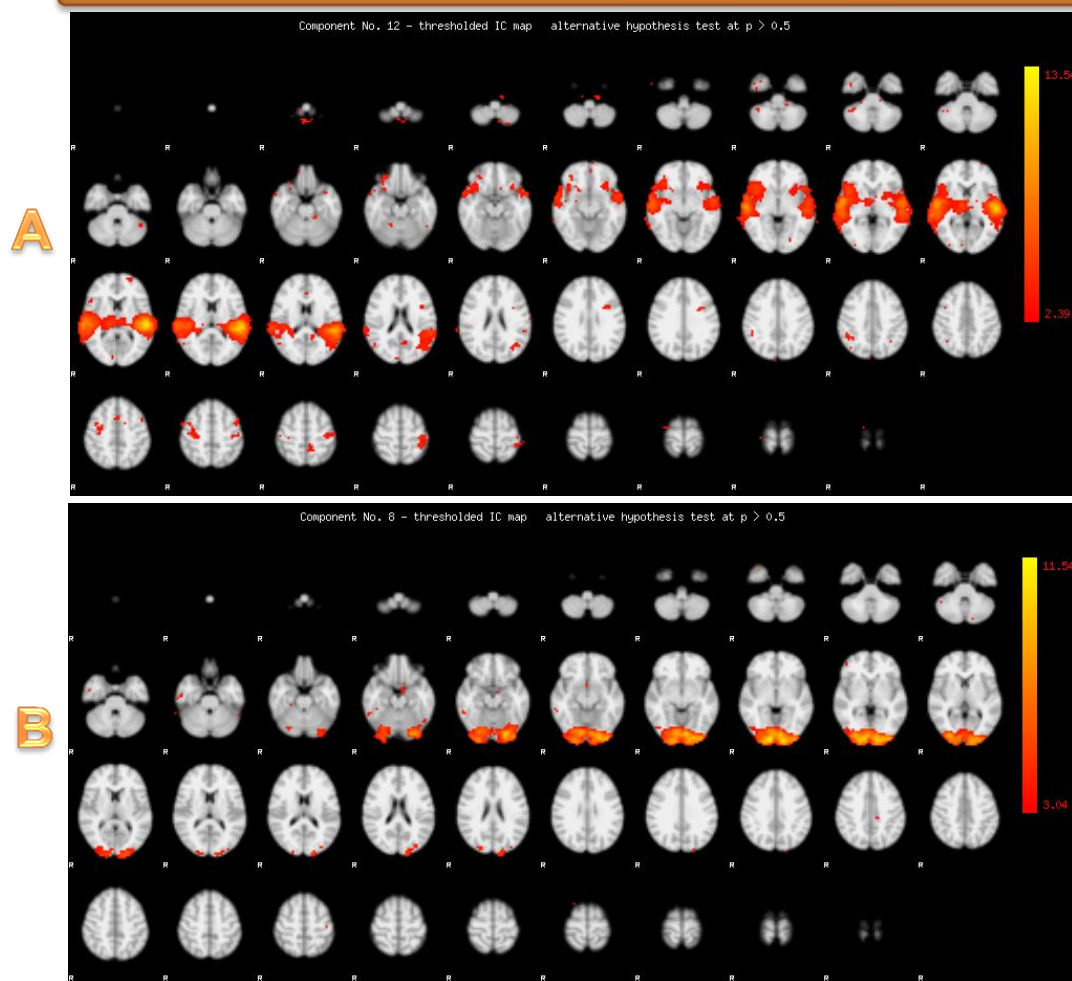
As imagens que se seguem dizem respeito às áreas activadas aquando do estímulo motor (abrir e fechar a mão direita e mão esquerda alternadamente) através da aplicação MELODIC (análise de grupo), entre os dois grupos, voluntários com deficiência visual e voluntários normovisuais:





**Fig. 4.1** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários com deficiência visual. A – Mostra activação do cerebelo, córtex auditivo primário, área pré-motora e córtex motor primário responsável pelo movimento da mão esquerda (áreas de *Brodman* 6 e 40). B – Idêntico à imagem A, diferenciando apenas na activação do córtex motor primário responsável pelo movimento da mão direita (áreas de *Brodman* 6 e 40). C – Mostra activação do cerebelo, das áreas de *Brodman* 6, 8, 9 e 10 e do córtex visual.

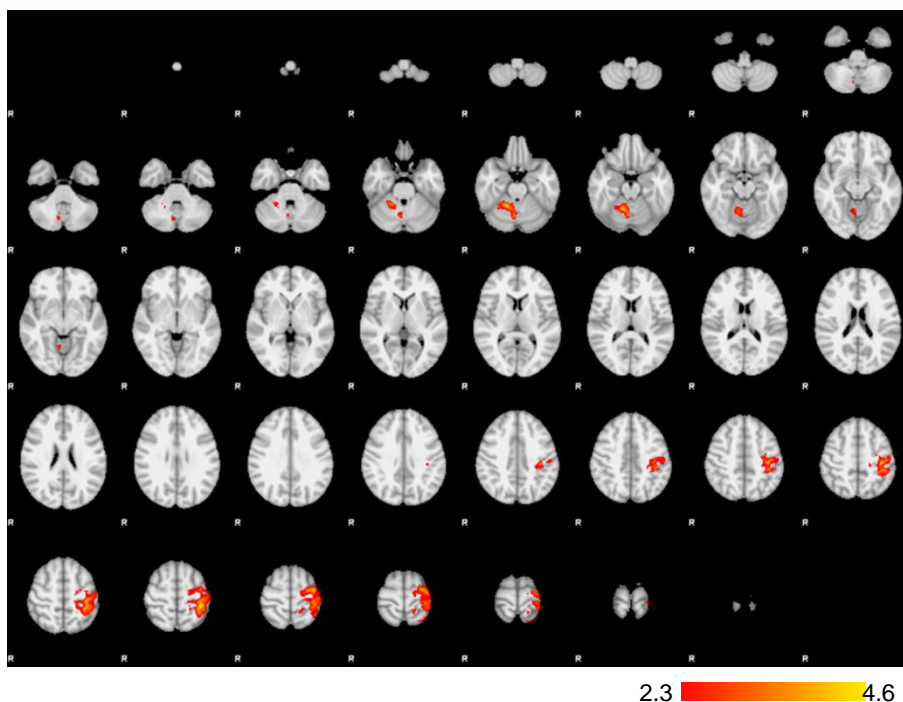
**Voluntários normovisuais**



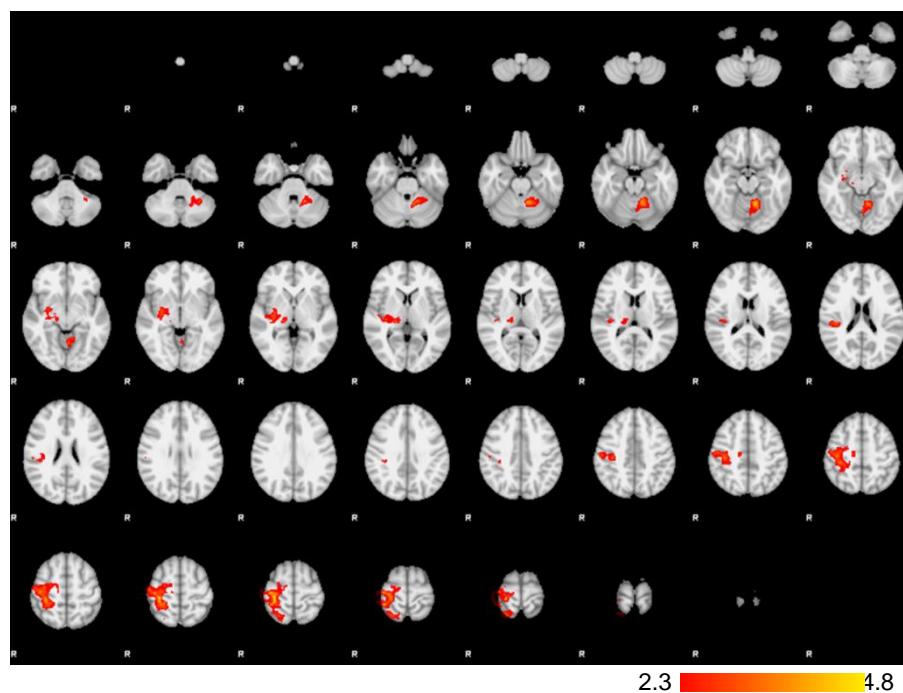
**Fig. 4.2** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários normovisuais. A – Mostra activação do córtex auditivo primário, área pré-motora (áreas de *Brodman* 40) e pequena porção do cerebelo. B – Mostra activação do cerebelo e córtex visual (área de *Brodman* 18).

É possível verificar e comprovar, através da aplicação *FEAT*, os mesmos resultados obtidos através do *MELODIC*.

**Voluntários com deficiência visual**



**Fig. 4.3** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários com deficiência visual mostra activação do lobo anterior do cerebelo (direito), do vérmis (áreas 4, 5 e 6 - atlas AAL – *Automated Anatomical Labeling*) e do córtex motor responsável pelo movimento da mão direita (áreas de *Brodman* 3, 4 e 6).



**Fig. 4.4**– Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários com deficiência visual mostra activação do lobo anterior do cerebelo (esquerdo, áreas 4, 5 e 6 - atlas AAL – *Automated Anatomical Labeling*), do Tálamo, e do córtex motor responsável pelo movimento da mão esquerda (áreas de *Brodman* 3, 4 e 6).

Voluntários normovisuais

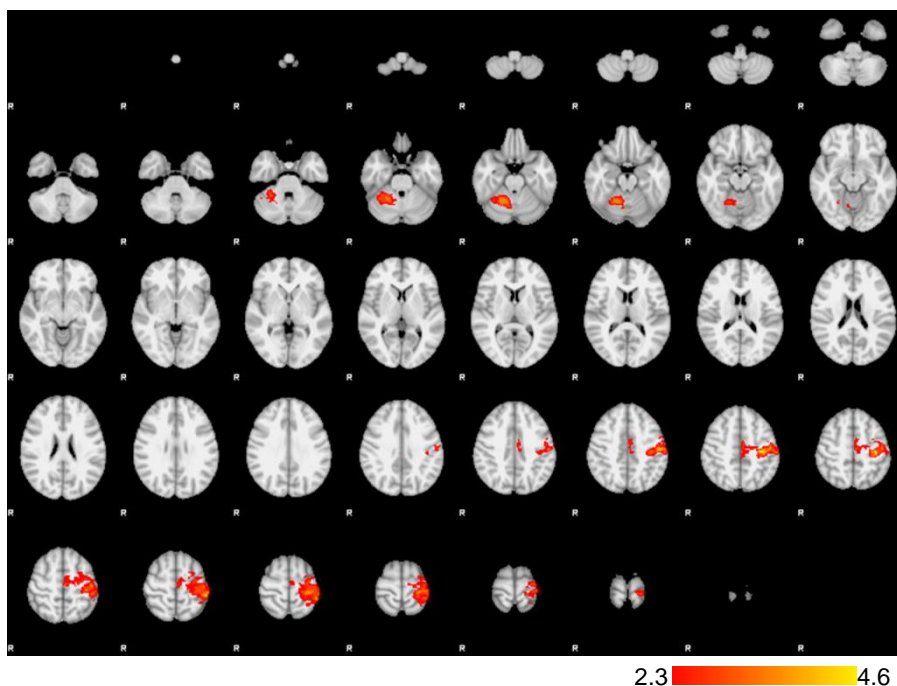


Fig. 4.5– Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários normovisuais mostra activação do córtex motor responsável pelo movimento da mão direita.

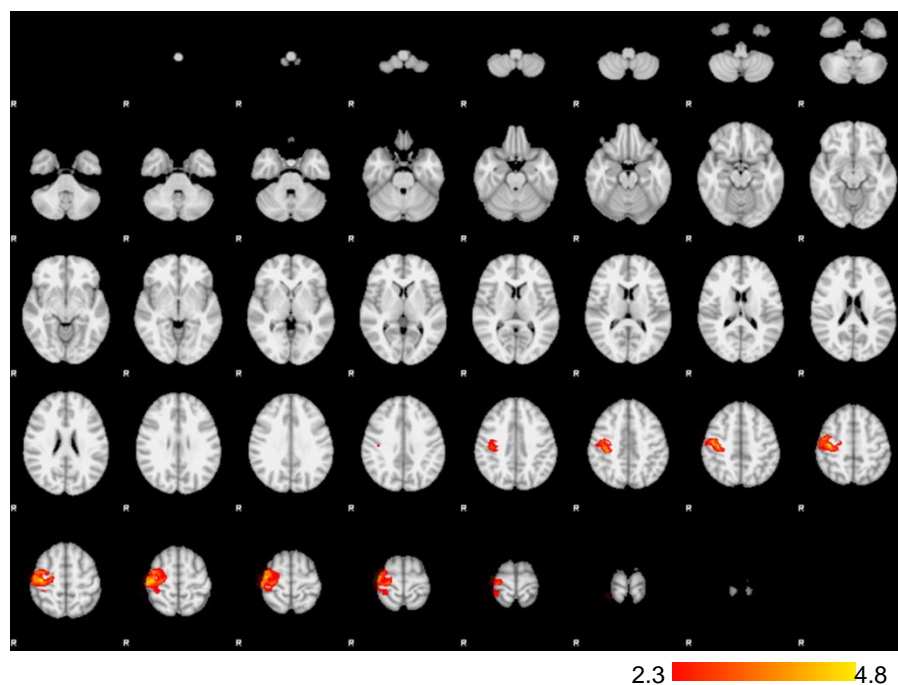
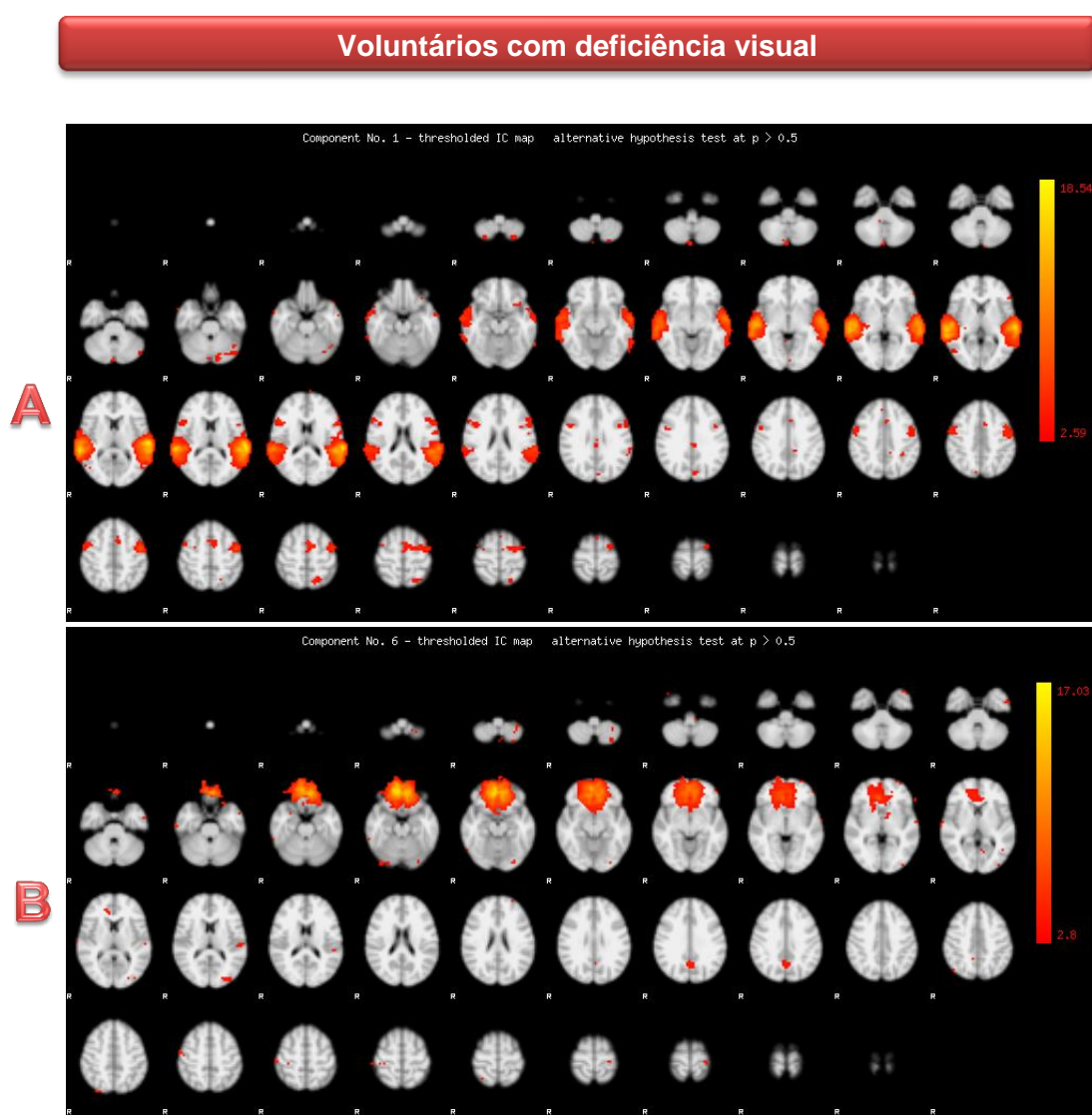


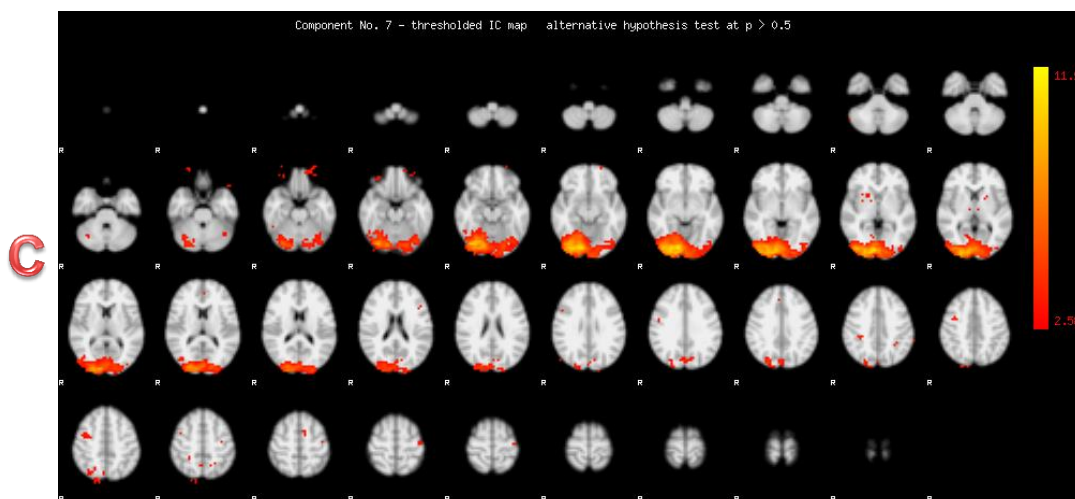
Fig. 4.6 – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários normovisuais mostra activação do córtex motor responsável pelo movimento da mão esquerda.

#### 4.1 Resultados relativamente ao paradigma de imagética motora

Foram adquiridas imagens de todos os voluntários através da aplicação deste estímulo/paradigma de imagética motora (Técnica de Radiologia proferia nomes de golpes de judo que exigem determinados movimentos específicos) e mais uma vez foram analisadas com o auxílio do FSL. Foi possível verificar a activação de diferentes áreas do córtex cerebral, como por exemplo: área de Wernicke, área pré-motora, córtex somato-sensorial primário, área somato-sensorial associativa, córtex visual e cerebelo (coordenação motora).

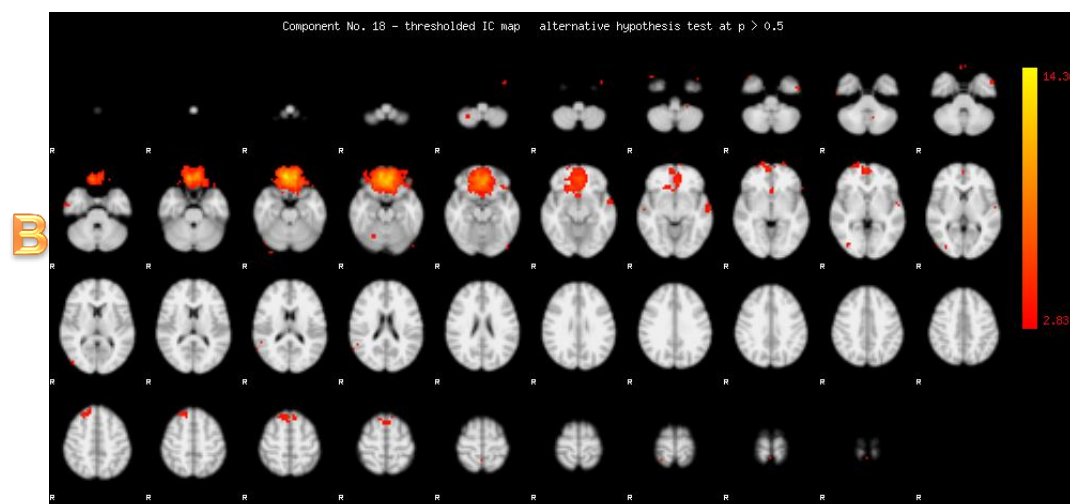
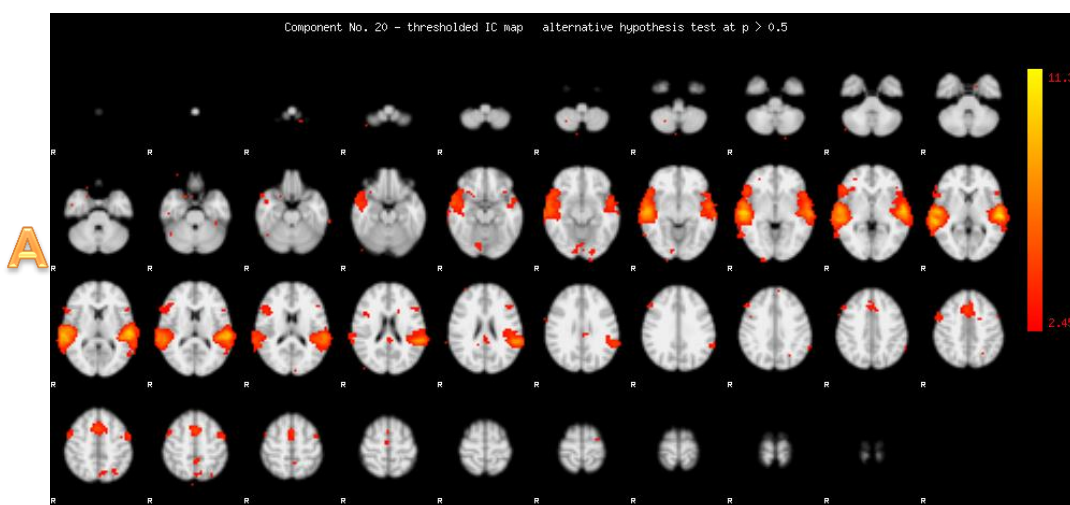
Comparando as imagens entre o grupo de voluntários com deficiência visual e o grupo de voluntários normovisuais, através da aplicação *MELODIC*:

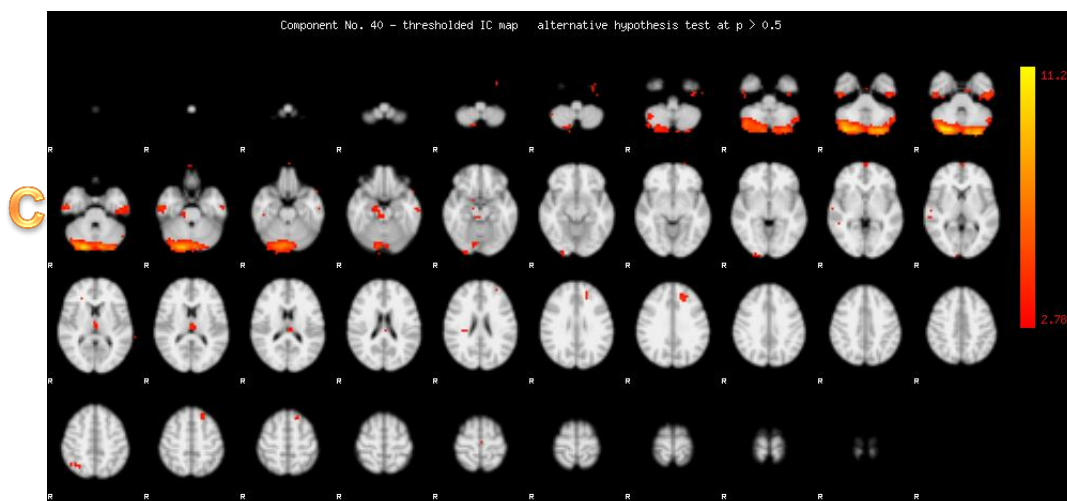




**Fig. 4.7** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários com deficiência visual. A – Mostra activação do cerebelo, córtex auditivo primário, área pré-motora e córtex motor primário e área de Wernicke. B – Activação da área pré-frontal e pré-motora (área de *Brodman* 6). C – Mostra activação do córtex visual (área de *Brodman* 18).

**Voluntários normovisuais**

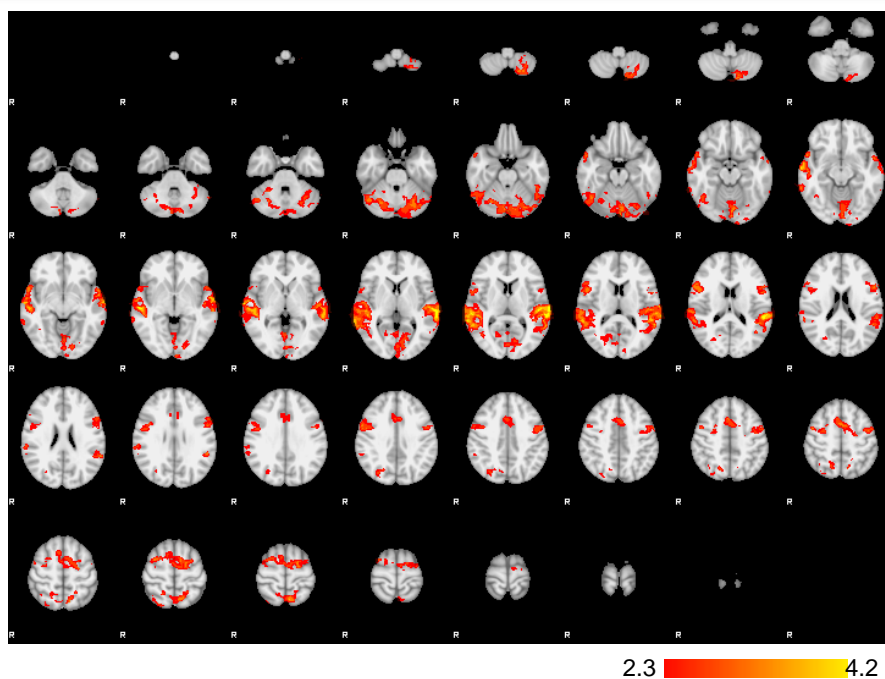




**Fig. 4.8** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários normovisuais. A – Mostra activação do córtex auditivo primário, área pré-motora, córtex motor primário e área de wernicke. B – Activação da área pré-frontal e pré-motora (área de *Brodman* 6) . C – Mostra activação do cerebelo, área auditiva associativa, e córtex visual.

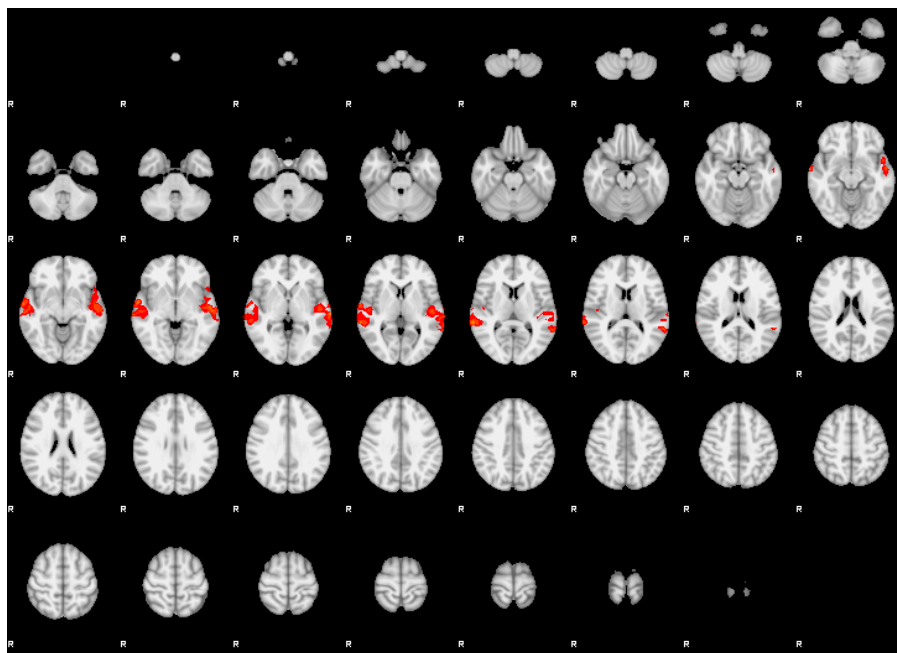
Através da aplicação *FEAT*, mais uma vez é possível comprovar os resultados obtidos através do *MELODIC*.

### Voluntários com deficiência visual



**Fig. 4.9** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários com deficiência visual mostra activação do córtex auditivo primário, área de Wernicke e área somato-sensorial associativa (áreas de *Brodman* 6, 21, 22, 40 e 41). Lobo posterior do cerebelo e córtex visual (áreas de *Brodman* 17 e 18) também foram activados.

Voluntários normovisuais



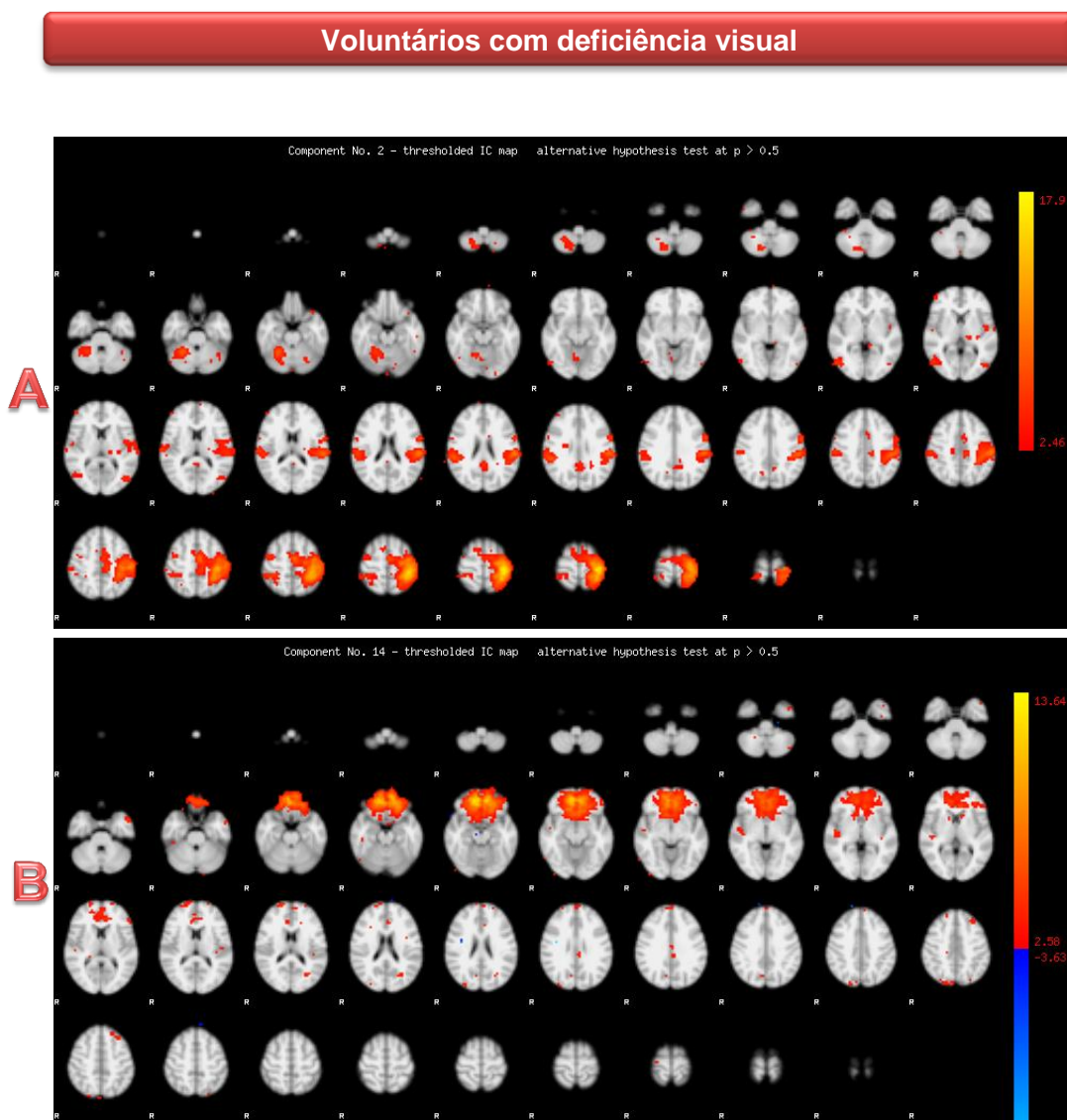
2.3 4.2

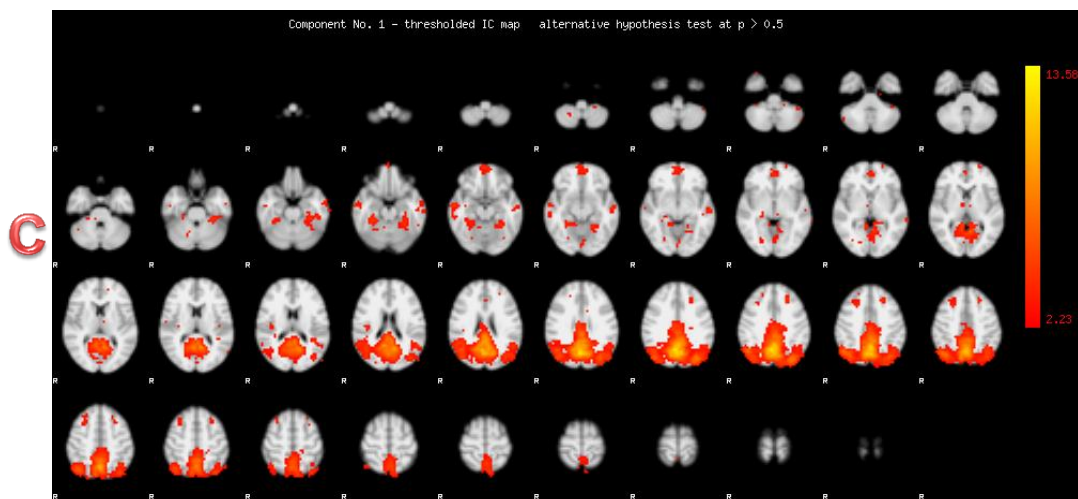
**Fig. 4.10** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários normovisuais mostra activação do córtex auditivo primário (áreas de *Brodman* 21, 22 e 42), área de Wernicke e girus superior e médio temporal.

### 4.3 Resultados relativamente ao paradigma sensorial táctil

No que diz respeito ao paradigma sensorial táctil (Técnico de Radiologia estava presente na sala de exames e ia passando o fato de judo na mão direita do voluntário alternando com período de repouso), foram igualmente activadas as áreas correspondentes à área pré-frontal, área pré-motora, área de associação, córtex somato-sensorial primário, área somato-sensorial associativa, córtex visual e cerebelo.

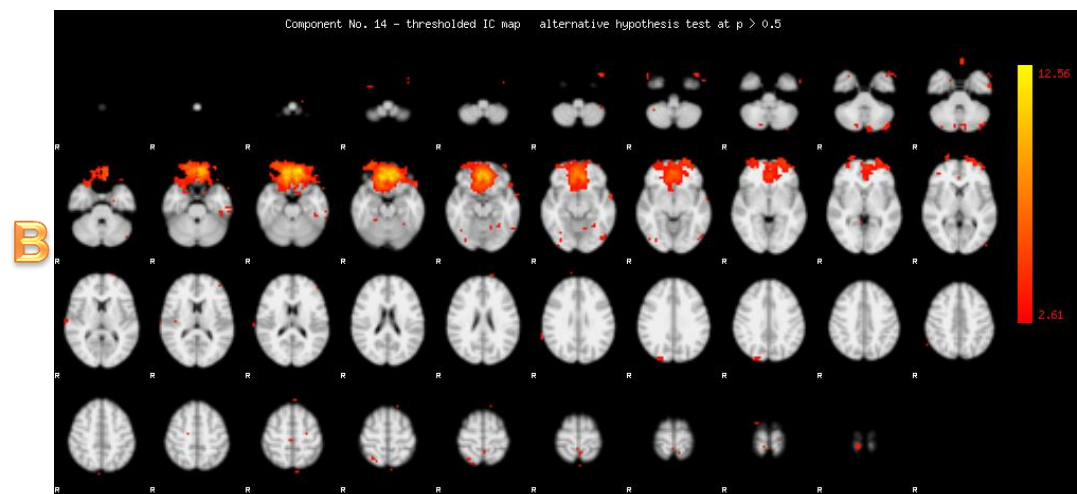
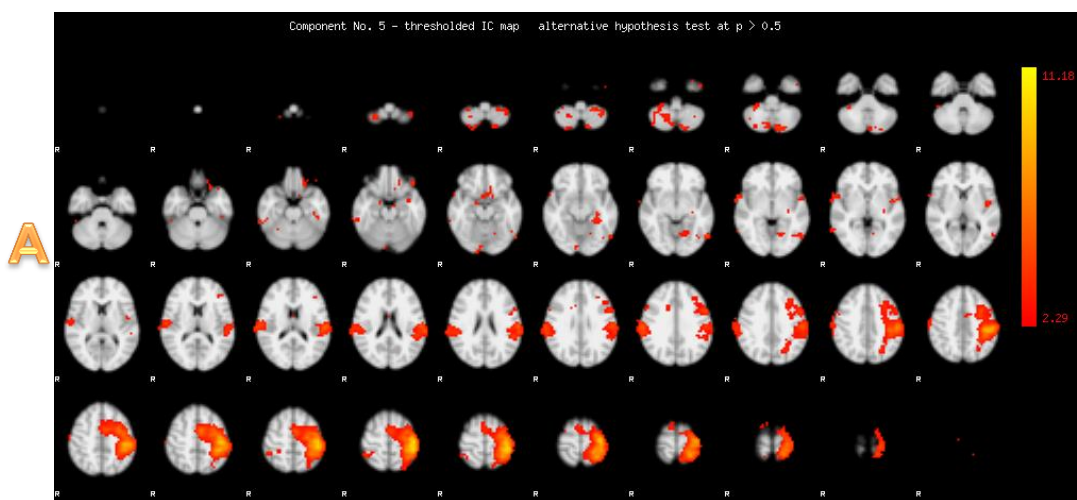
Comparando as imagens entre o grupo de voluntários com deficiência visual e o grupo de voluntários normovisuais, através da aplicação *MELODIC*:

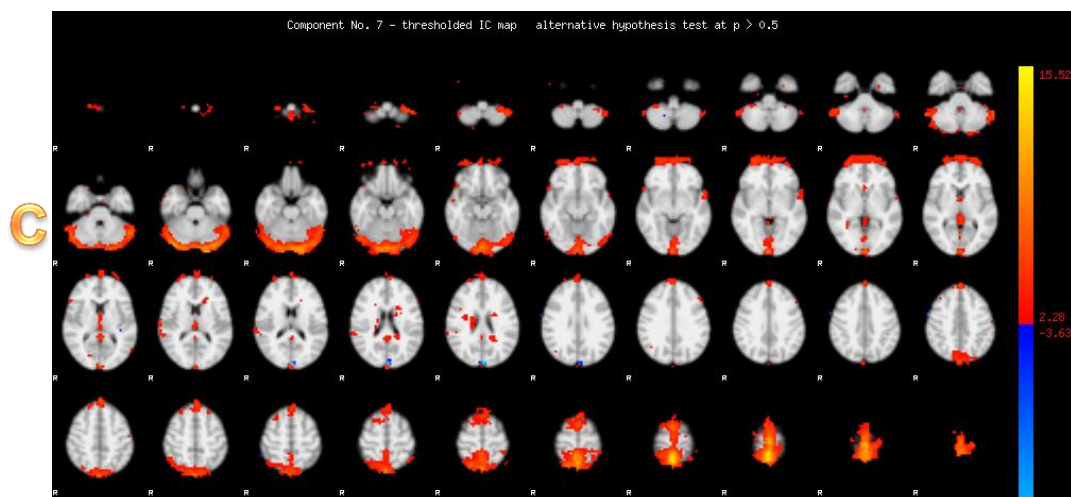




**Fig. 4.11** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários com deficiência visual. A – Mostra activação do cerebelo, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita (áreas de *Brodman* 6 e 40). B – Activação da área pré-frontal e pré-motora. C – Mostra activação maioritariamente do córtex visual.

### Voluntários normovisuais

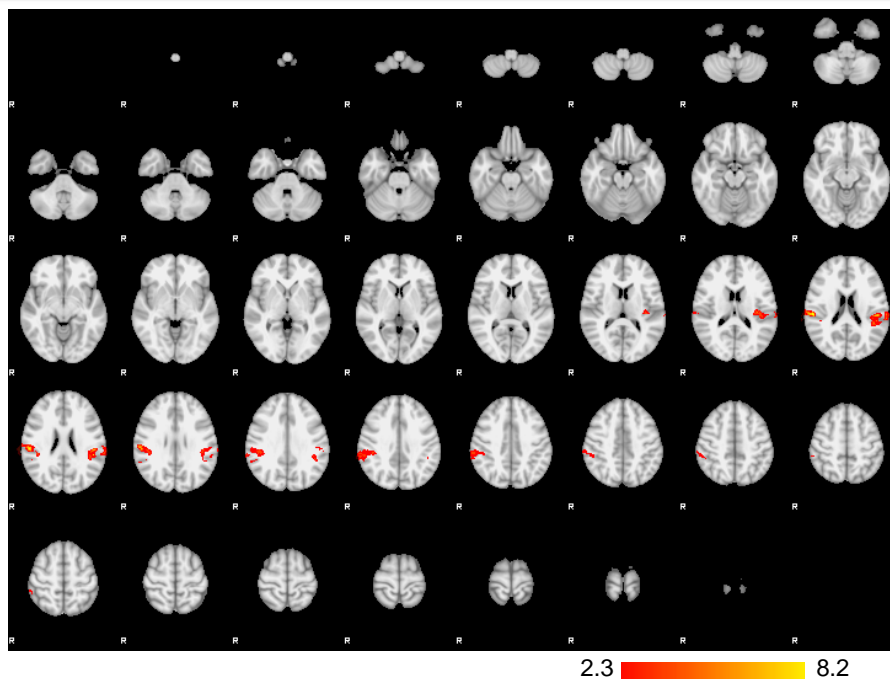




**Fig. 4.12** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Grupo de voluntários normovisuais. A – Mostra activação do cerebelo, córtex auditivo primário, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita. B – Activação da área pré-frontal e pré-motora. C – Mostra activação da área pré-frontal e córtex visual.

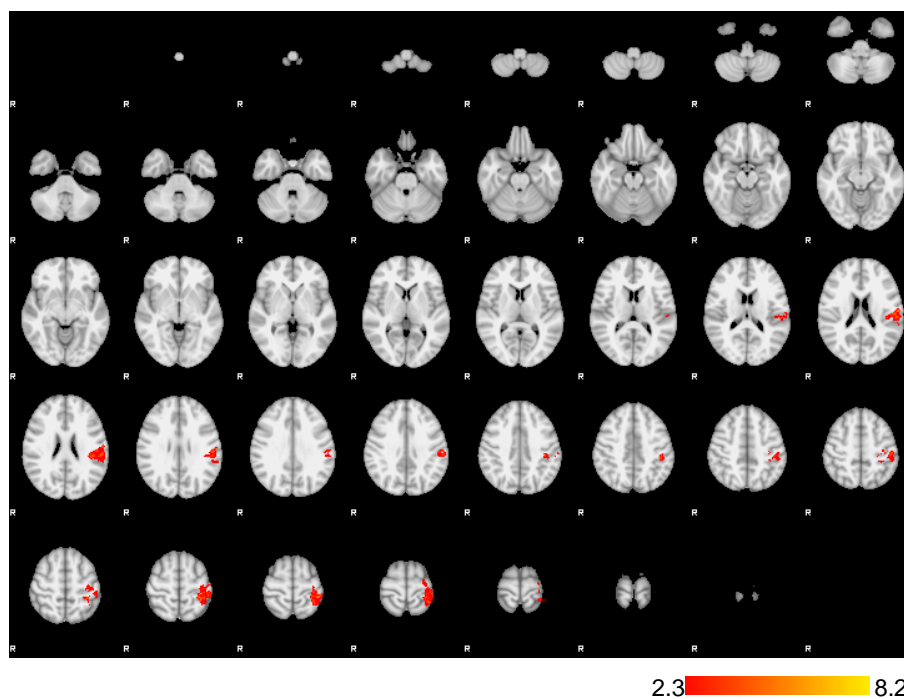
Mais uma vez, através da aplicação FEAT é possível comprovar os resultados obtidos através do MELODIC.

### Voluntários com deficiência visual



**Fig. 4.13** – Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *FEAT*. Grupo de voluntários com deficiência visual mostra activação do córtex auditivo primário, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita (áreas de *Brodman* 13 e 40).

### Voluntários normovisuais



**Fig. 4.14** – Mapas de activação obtidos no FSL, através do FEAT. Grupo de voluntários normovisuais mostra activação do córtex auditivo primário, área pré-motora, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita (áreas de *Brodman* 2, 4 e 40).

---

## V Discussão dos Resultados

Neste capítulo são discutidos todos os resultados obtidos, de modo a apresentar uma síntese do trabalho realizado durante os 6 meses. São ainda apresentadas algumas limitações do estudo e as dificuldades encontradas durante a aquisição dos dados.

### 5.1 Tipo de paradigma

A escolha do *design* do paradigma é bastante relevante na aquisição das imagens, pois uma escolha cuidada contribui para a obtenção de bons resultados nas imagens funcionais.

O resultado obtido depende da correcta realização do paradigma, se este não for realizado de forma eficiente, a região alvo pode não apresentar uma variação de sinal estatisticamente significativa. Este ponto foi tido em conta durante a realização deste trabalho.

### 5.2 Análise das imagens

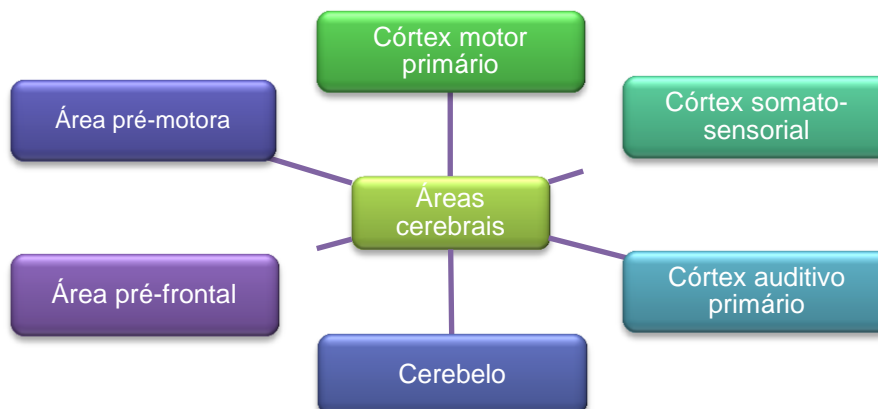
Este subcapítulo será construído pela análise e discussão dos resultados obtidos de cada paradigma individualmente através destas duas ferramentas do FSL.

#### 5.2.1 Paradigma de execução motora

As regiões do corpo mais sensíveis ao toque requerem um número desproporcional de células nervosas no centro de sensações do cérebro para processar o estímulo. As mãos estão cheias de músculos de elevada precisão, tendo uma elevada representação no cérebro na execução de várias tarefas (Santos, 2002).

Começando-se pela análise e discussão dos resultados obtidos através da utilização do paradigma de execução motora, foi possível concluir, através das imagens obtidas, que ambos os grupos de voluntários com deficiência visual e normovisuais activaram praticamente as mesmas regiões cerebrais.

Para a realização da tarefa de abrir e fechar ambas as mãos alternadamente, esperava-se que ambos os grupos de voluntários activassem as seguintes áreas:



**Fig. 5.1** – Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo motor.

Todas estas áreas foram encontradas activas em ambos os grupos tal como o esperado.

Em ambos os grupos foi possível observar-se uma pequena activação da área pré-frontal. A motivação e a capacidade de previsão para planear e iniciar movimentos ocorrem nesta área.

A área pré-motora, localizada anteriormente ao córtex motor primário, é a área de apoio onde as funções motoras são organizadas antes de serem iniciadas no córtex motor. Na área pré-motora determina-se quais os músculos a contrair, por que ordem e em que grau. Os impulsos nervosos (potenciais de acção) são então levados para os primeiros neurónios motores no córtex motor, que de facto dá início aos movimentos planeados (Fig. 4.3 – 4.6).

Os potenciais de acção iniciados no córtex motor primário controlam muitos movimentos voluntários, especialmente os movimentos finos das mãos. Os primeiros neurónios motores corticais não se localizam apenas no córtex motor primário (30% destes neurónios). Outros 30% estão na área pré-motora, e os restantes no córtex somato-sensorial. Daí que seria de se esperar que estas duas áreas (córtex motor primário e córtex somato-sensorial) fossem activadas aquando da realização desta tarefa.

A activação do cerebelo observada nas imagens de ambos os grupos de voluntários relaciona-se com a necessidade de coordenação dos movimentos que foram realizados (Fig. 4.1A e Fig. 4.2A).

O córtex auditivo primário encontra-se activo em todas as imagens dos três paradigmas, em ambos os voluntários uma vez que houve interferência entre o estímulo verbal comunicado ao voluntário através do intercomunicador e o ruído

intrínseco à RM (Fig. 4.1A e Fig. 4.2A). Para além destas, foi possível verificar também que a região do córtex visual foi activada durante a realização desta tarefa, tanto no grupo de voluntários normovisuais como no grupo com deficiência visual, sendo esta região mais activada em termos de intensidade neste último grupo (Fig. 4.1C vs Fig. 4.2B). Este fenómeno pode ser explicado pela plasticidade neuronal no caso dos voluntários com deficiência visual. Durante o crescimento do ser humano há um contínuo desenvolvimento e modificação nas conexões entre neurónios e os seus alvos. Sempre que se adquirem novos conhecimentos ou habilidades, a estrutura do cérebro é modificada, visto que ele é composto por feixes de fibras nervosas. A conectividade neuronal não é fixa, a remodelação da conectividade sináptica pode ocorrer em resposta a manifestações ambientais, estimulações sensoriais e aprendizagem de novas tarefas, essa mudança é um processo contínuo (ao longo da vida) (Santos, 2002).

### 5.2.2 Paradigma de imagética motora

O processo de imaginação, no qual simulamos eventos que poderão ocorrer ou que terão ocorrido, tem uma organização cerebral semelhante àquela de recuperar informações da memória, ou seja, do relembrar (Santos, 2002).

Seguindo-se agora para a análise e discussão dos resultados obtidos através da utilização do paradigma de imagética motora, através das imagens obtidas foi possível concluir que ambos os grupos de voluntários com deficiência visual e normovisuais activaram, mais uma vez, praticamente as mesmas regiões cerebrais. Para a realização da tarefa de ouvir o nome das técnicas de judo e imaginar os movimentos que necessitavam fazer para executar a técnica, esperava-se que ambos os grupos de voluntários activassem as seguintes áreas:

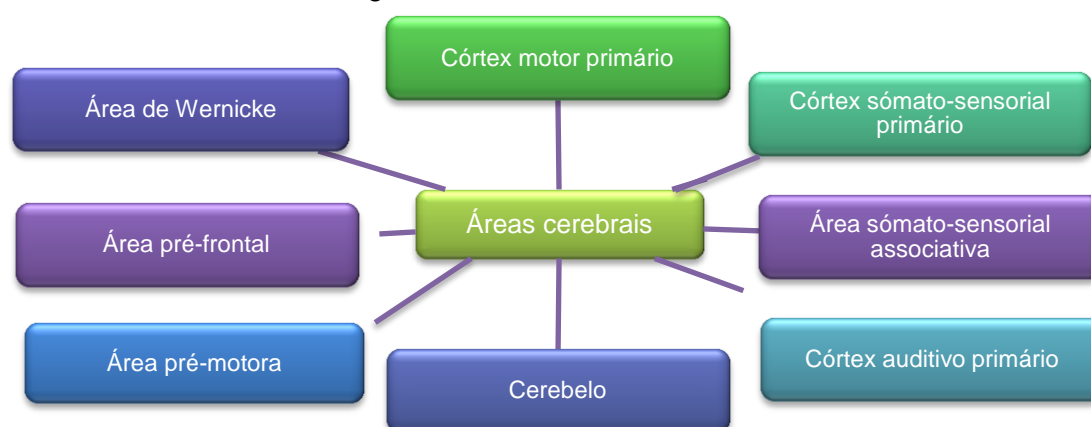


Fig. 5.2 – Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo sonoro.

Mais uma vez, todas estas áreas foram encontradas activas em ambos os grupos tal como o esperado.

Em ambos os grupos foi possível observar-se activação da área pré-frontal (Fig. 4.7B e Fig. 4.8B). Esta activação pode ser justificada pelo facto de todos os nomes dos golpes proferidos envolverem determinados movimentos e para isso todos os voluntários estiveram que estar atentos (atenção activa o lobo frontal) e recorreram à memória para se lembrarem de quais os movimentos que teriam que executar para realizar os golpes. Daí seria também de se esperar activação por parte da área pré-motora e do córtex motor primário.

As áreas de associação somestésica (córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa) que, permitem a identificação de objectos pela sua comparação com o conceito do objecto existente na memória do indivíduo, é assim considerada a área responsável pela orientação espacial do corpo (Fig. 4.9) (Santos, 2002).

A área de Wernicke é responsável pelo conhecimento, interpretação e associação de informações e está intimamente ligada à percepção da linguagem. Esta área encontra-se activa em todos os voluntários, tanto os portadores de deficiência visual como os normovisuais, resultando na compreensão e decifração do que era dito através do intercomunicador (Fig. 4.7A e Fig. 4.8A).

Foi possível observar-se através das imagens obtidas pela aplicação FEAT que os voluntários com deficiência visual tiveram uma activação superior em termos de extensão e intensidade na área de Wernicke relativamente à dos voluntários normovisuais (Fig. 4.9 vs Fig. 4.10). Pode ser explicado, mais uma vez, através do fenómeno de plasticidade neuronal.

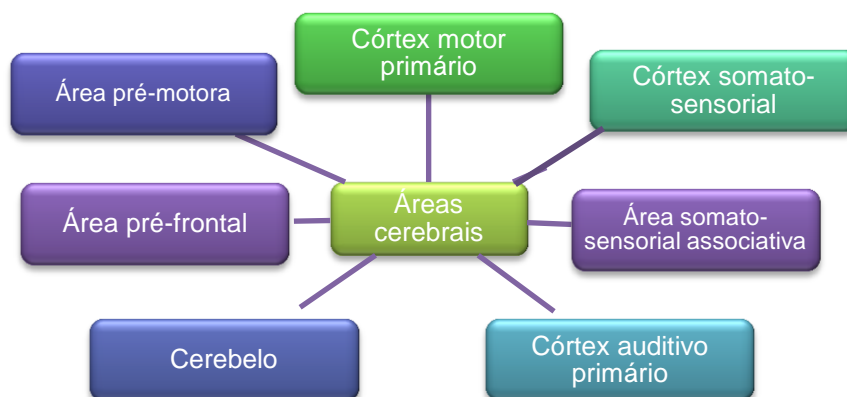
O cerebelo também se encontra activo em ambos os grupos de voluntários, estando mais uma vez relacionado com a coordenação de movimentos necessária para a execução dos golpes de judo (Fig 4.9 e Fig 4.10).

Por último, o córtex visual encontra-se, igualmente, activo tanto nos voluntários normovisuais como nos com deficiência visual, verificando-se que esta área encontra-se activa com mais intensidade neste último grupo (Fig.4.7C vs Fig.4.8C), o que não se estava à espera, pois estes estão privados de visão (uns desde a nascença e outros mais recentemente). Este facto pode ter uma justificação relacionada com a orientação espacial, em que este grupo de voluntários através da plasticidade neuronal, “ocupa” o córtex visual com outras funções, já que a parte da visão propriamente dita se encontra inactiva.(Santos, 2002).

### 5.2.3 Paradigma sensorial táctil

A área somestésica, responsável pela sensibilidade geral do corpo, está localizada no giro pós-central, correspondendo às áreas 3, 2, 1 de Brodmann. Recebe impulsos nervosos provenientes do tálamo relacionados com dor, temperatura, tacto, pressão e propriocepção consciente da metade oposta do corpo (Santos, 2002).

Analisando, por último, os resultados obtidos com a utilização do paradigma sensorial táctil, através das imagens obtidas, foi possível concluir que ambos os grupos de voluntários activaram, mais uma vez, praticamente as mesmas regiões cerebrais. Esperava-se que ambos os grupos de voluntários activassem, aquando deste estímulo (passagem do fato de judo pela mão direita de 15 em 15 segundos) as seguintes áreas:



**Fig. 5.3** – Áreas cerebrais espectáveis de serem activadas aquando do estímulo sensorial.

Como o esperado, todas estas áreas foram encontradas activas em ambos os grupos. As áreas mais activas foram as áreas ligadas principalmente à sensibilidade, ou seja, córtex somato-sensorial e área somato-sensorial associativa. É possível verificar-se, através das imagens obtidas, que estas duas áreas foram activadas do mesmo lado, ou seja, no hemisfério esquerdo que é responsável pela área sensorial correspondente ao lado direito do corpo (mão direita) (Fig. 4.13 e Fig. 4.14).

Uma outra área que não era esperada, mais uma vez, estar activa nos voluntários deficientes visuais foi a região do córtex visual. Esta área, como é possível observar-se nas imagens (Fig.4.11C vc Fig.4.12C) encontra-se mais activa neste grupo do que no grupo de voluntários normovisuais. Do mesmo modo, este facto pode ser explicado pela plasticidade neuronal.

De seguida serão apresentados os resultados obtidos, de uma forma sucinta, adquiridos através do *software Xjview* (ANEXO IV), fazendo assim uma comparação da activação das regiões cerebrais relativamente aos níveis de extensão e intensidade, na resposta aos vários paradigmas em ambos os voluntários.

**Tabela 5.1 – Áreas activadas com o Paradigma de execução motora**

	Área Pré-frontal	Área Pré-Motora	Córtex Motor Primário	Córtex Somato-sensorial	Córtex auditivo	Cerebelo	Córtex Visual
Indivíduos com deficiência visual	+	++	++	+	+	+	+++
Indivíduos normovisuais	+	++	++	+	+	+	+

**Tabela 5.2 – Áreas activadas com o Paradigma de imagética motora**

	Área Pré-frontal	Área Pré-Motora	Córtex Motor Primário	Córtex Somato-sensorial primário	Córtex sensorial associativo	Córtex auditivo	Cerebelo	Área de Wernicke	Córtex Visual
Indivíduos com deficiência visual	++	++	+	+	+	+	+	+++	+++
Indivíduos normovisuais	+	++	+	+	+	+	+	++	+

**Tabela 5.3 – Áreas activadas com o Paradigma sensorial táctil**

	Área Pré-frontal	Área Pré-Motora	Córtex Motor Primário	Córtex Somató-sensorial	Córtex Somató-sensorial associativo	Córtex auditivo	Cerebelo	Córtex Visual
Indivíduos com deficiência visual	+	+	+	++	++	+	+	+++
Indivíduos normovisuais	++	+	+	++	++	+	+	+

## VI Conclusão

O cérebro humano é um órgão cheio de segredos com centenas de milhões de pequenas células nervosas que comunicam umas com as outras através de pulsos electroquímicos para produzir actividades muito especiais como: pensamentos, sentimentos, dor, emoções, sonhos, movimentos, e muitas outras funções mentais e físicas, sem as quais não seria possível expressarmos toda a nossa riqueza interna e nem perceber o nosso mundo externo, como o som, cheiro, sabor, e também luz e brilho, podendo essas áreas serem identificadas (Santos, 2002).

Na busca de melhores métodos para a pesquisa de identificação das funções do cérebro, a Ressonância Magnética funcional ganhou importância na pesquisa das funções relacionadas com o cérebro, uma vez que permite localizar a actividade cerebral em determinadas situações (Santos, 2002).

Ao verificar-se uma escassez de estudos nesta área (fMRI em deficientes visuais praticantes de uma modalidade desportiva), os resultados obtidos, através deste trabalho, podem contribuir para reorientar e desenvolver as práticas desportivas associadas aos indivíduos invisuais.

Por meio da pesquisa bibliográfica, pode-se considerar que a utilização do judo, como uma actividade pedagógica desportiva, contribui de forma efectiva na diminuição das dificuldades psicomotoras dos deficientes visuais, destacando-se na melhoria dos comprometimentos psicomotores e na aquisição e desenvolvimento das capacidades coordenativas. Podendo-se concluir assim que, a prática de judo, é uma ferramenta importante no desenvolvimento motor dos praticantes com deficiência visual. O judo enquadra-se, pois, entre as actividades que tanto as pessoas com deficiências visuais como os normovisuais, podem realizar e desenvolver juntos, promovendo deste modo o desenvolvimento motor de ambos, pois as necessidades dos alunos podem ser iguais, sendo eles normovisuais ou não (Maule, 2005).

Segundo Melo (2004, in Theodossakis, Silvia & Nascimento, 2012) as metodologias de ensino para deficientes visuais devem priorizar a segurança do aluno e motivar a descoberta das suas potencialidades motoras através da orientação do professor. Para tanto, a informação oral deve ser bem empregue e de fácil compreensão. Ainda nessa perspectiva, Gorgatti e Costa (2005, in Theodossakis, Silvia & Nascimento, 2012) afirmam que quando a instrução verbal não é suficiente para a compreensão do

exercício, por parte da pessoa com deficiência visual, é possível recorrer à percepção táctil e levá-la a perceber o movimento realizado pelo professor por meio do toque. Se, ainda assim, o exercício não for compreendido, torna-se necessário recorrer à percepção cinestésica, conduzindo o aluno pelo movimento desejado.

A realização deste trabalho visa responder à questão de investigação colocada no início da realização deste projecto: Que áreas cerebrais, nos judocas invisuais são activadas e qual o nível de extensão e intensidade?

Todas as hipóteses a baixo citadas foram de certa forma comprovadas:

- A área do córtex visual de um judoca invisual é activada, quando recebe um estímulo verbal associado a uma acção motora;
- O processamento dos estímulos verbais específicos resulta em níveis de intensidade diferentes nos grupos “judocas com deficiência visual” vs “judocas normovisuais”;
- A perda de visão não leva à permanente inactivação do córtex visual;
- A cegueira leva à adaptação do córtex visual para a análise de informações de outros órgãos dos sentidos, em particular auditivas e tácteis (plasticidade cerebral);

Assim, esta investigação contribui para o conhecimento e desenvolvimento de estudos na área da Ressonância Magnética funcional vocacionados para apoio à prática desportiva de atletas com deficiência visual. Igualmente, como contributo para a pesquisa científica, este trabalho, deixa disponível uma vasta pesquisa bibliográfica sobre o “estado da arte”, neste âmbito, em Portugal e noutras comunidades científicas internacionais. Por outro lado, pretende-se deixar um caminho para um melhor aproveitamento da fMRI e uma ponte para uma melhor e maior cooperação entre a área científica dedicada à Motricidade Humana, à Visão e à Radiologia e, também, Neurologia e Medicina Desportiva.

O judo é assim, uma modalidade com grandes possibilidades de promover uma melhoria do desenvolvimento motor, não só do deficiente visual como também do atleta sem deficiência visual, pois para a sua prática é necessário muito equilíbrio, controlo corporal, noção de espaço/tempo, além de força e agilidade. Os benefícios vão desde a melhoria no convívio social a um ganho no desenvolvimento motor, podendo também, haver a formação de bons atletas e de cidadãos mais ativos quebrando um pouco o estigma que existe sobre os deficientes visuais (Maule, 2005).

---

## VII Limitações do Estudo

As principais limitações deste estudo dizem respeito ao facto dos voluntários de ambos os grupos (com deficiência visual vs normovisuais) terem diferentes anos de prática desta modalidade, podendo induzir a erro alguns tempos de recção aos estímulos efectuados relacionados com as técnicas de judo.

Por outro lado o ainda reduzido número de praticantes com deficiência visual nesta modalidade não permitiu obter uma amostra mais significativa.

---

## VIII Estudos Futuros

Da realização deste estudo decorrem sugestões interessantes a realizar de futuro e que consideramos representarem uma mais-valia para as conclusões aqui apresentadas.

Um complemento futuro a este estudo será um estudo comparativo da reacção ao estímulo através da realização de filmagens durante um treino de judo com esta amostra, em que os indivíduos normovisuais se apresentariam de olhos vendados. O objectivo será visualizar, em situação, os diferentes tempos de reacção entre judocas com deficiência visual e os judocas normovisuais vendados na resposta ao estímulo motor de execução de técnicas de judo.

## IX Bibliografia

Andrade, A. (2012) *Textos de apoio da unidade curricular Técnicas de imagem rápida, Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde*. Lisboa: Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Área Científica de Radiologia.

Arthurs, O., and Boniface, S. (2002) How well do we understand the neural origins of the fMRI BOLD signal? *Trends in Neurosciences*, 25(1) 27-31.

Baert, A. L., Knauth, M., Sartor, K. (2007) *Clinical Functional MRI: Presurgical functional neuroimaging*. Springer. NewYork-Heidelber-Tokyo

Bulte, D. (2005-2013) BOLD Physiology. Centre for Functional Magnetic Resonance Imaging of the Brain. University of Oxford. Recuperado em Fevereiro 7, 2013 a partir de: [http://www.fmrib.ox.ac.uk/education/graduate-training/course/programme/lectures/fundamentals/BOLD\\_lect\\_08.pdf](http://www.fmrib.ox.ac.uk/education/graduate-training/course/programme/lectures/fundamentals/BOLD_lect_08.pdf)

Burton, H. (2003). Visual Cortex Activity in Early and Late Blind People. *The Journal of Neuroscience*, 23 (10), 4005– 4011.

Burton, H., Snyder, A. Z., Diamond, J. B., Raichle, M. E. (2002a). Adaptive Changes in Early and Late Blind: A fMRI Study of Verb Generation to Heard Nouns. *J Neurophysiol* 88, 3359-3371.

Burton, H., Snyder, A. Z., Conturo, T., Akbudak, E., Ollinger, J., Raichle, M. E. (2002b). Adaptive Changes in Early and Late Blind: A fMRI Study of Braille Reading. *J Neurophysiol* 87, 589-607.

Clare, S. (1997). *Functional MRI: Methods and Applications*. Submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, Inglaterra.

Crós, C., Mataruna, L., Filho, C. W., Almeida, J. (2006). Classificações da deficiência visual: compreendendo conceitos esportivos, educacionais, médicos e legais. *Revista Digital* 93. Recuperado em Dezembro 15, 2012 a partir de: <http://www.efdeportes.com/efd93/defic.htm>.

FMRIB Centre. (2012). United Kingdom. University of Oxford: Nuffield Department of Clinical Neuroscience. Recuperado em Junho 20, 2013 a partir de: <http://www.fmrib.ox.ac.uk>

Giacomantone, J. (2005) Ressonância Magnética Funcional com filtragem pela difusão anisotrópica robusta. Tese de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil.

Góis, J. (2007) *Mapeamento de áreas visuais em cérebros sujeitos a reconstrução plana, usando ressonância magnética estrutural e funcional*. Relatório da cadeira de Projeto apresentado à Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Portugal.

Gougoux, F., Belin, P., Voss, P., Lepore, F., Lassonde, M., Zatorre, R. (2009). Voice perception in blind persons: A functional magnetic resonance imaging study. *Neuropsychology* 47, 2967–2974.

Gougoux, F., Zatorre, R., Lassonde, M., Voss, P., Lepore, F. (2005) A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals. *PLoS Bio* 3(2): e27

Hoia, D. (2009). Echo planar (EPI). Recuperado em Fevereiro 7, 2013 a partir de: <http://www.imaio.com/en/e-Courses/e-MRI/MRI-Sequences/echo-planar-imaging>

Holodny, A. (2008). *Functional Neuroimaging: A Clinical Approach*. USA. Informa Healthcare.

Gladden Bach Judo (2011) Die Haltegriffe im Judo – Osae-komi-waza. Imagem postada em: <http://www.judo-gladdenbach.de/Haltegriffe.htm>

K.F. (2010). Quarto do binho- Capítulo 3 (part 2). Imagem postada em: <http://quartodobinho.blogspot.pt/2010/06/capitulo-3-part-2.html>

Kahle, W. & Frotsher, M. (2003). *Color Atlas and Textbook of Human Anatomy. Volume 3 Nervous System and Sensory Organs*. 5<sup>th</sup> edition. Thieme.

Maule, E. (2005) *Judo auxiliando no desenvolvimento motor de pessoas com deficiência visual*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Licenciado em Educação Física, Brasil.

Mazzola, A. (2009) Ressonância Magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. *Revista Brasileira de Física Médica*, 2009;3(1):117-29.

Moos, A. et al. (2008) Perception of ultra-fast speech by a blind listener – does he use his visual system? 8<sup>th</sup> International Seminar on Speech Production. 297-300.

Moreno, P. (2011) Judô - Modo de usar- O-soto-gari e Uchimata. Imagem postada em: <http://judomododeusar.wordpress.com/2011/11/30/osoto-gari/>

NessAiver, M. (não datado) EPI, MS-EPI, bEPI. Recuperado em Fevereiro 7, 2013 a partir de: [http://www.simplyphysics.com/MARS/data/level\\_3/epi.htm](http://www.simplyphysics.com/MARS/data/level_3/epi.htm)

Netter, F., Craig, J., Perkins, J., Hansen, J., Koeppen, B. (2002). *Atlas of Neuroanatomy and Neurophysiology*. USA. COMtan.

Noseworthy, M. D., Bulte, D. P., Alfonsi, J. (2003). BOLD Magnetic Resonance Imaging of Skeletal Muscle. *Seminars in musculoskeletal radiology*. 7 (4), 307–315.

Ogawa, S., Lee, T., Kay, A., Tank, D., (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87, 9868-9872.

OMS (2013). *Deficiência visual*. Recuperado em Dezembro 20, 2012 a partir de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/index.html>

Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., Merabet, L. B. (2005) A plasticidade do córtex cerebral humano. *The Plastic Human Brain Cortex Annual Review of Neuroscience* 28. 377-401.

Pereira, M. (2010) Psicomotricidade e Disgrafia – Relaxação Segmentar. Imagem postada em: <http://omovimentodaescrita.blogspot.pt/2010/05/metodo-antidisgrafico-relaxacao.html>

Poirier, C. et al. (não datado) fMRI study of auditory motion perception in early blind subjects and blindfolded sighted controls

Queirós, G. (2011) Análise Computacional de Imagens de Ressonância Magnética Funcional. Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Sadato, N. et al. (2002) Critical period for cross-modal plasticity in blind humans: a functional MRI study. *NeuroImage*. 16, 389 – 400

Santos, R. (2002) Estrutura do Córtex Cerebral. Tese de mestrado apresentada à Faculdade de Ciências de Saúde, Brasília, Brasil.

Seeley, R., Stephens, T., Tate, P. (2005) *Anatomia & Fisiologia*, Lusodidática

Silva, A. (não datado) The best judo. Imagem postada em: <http://thebestjudo.com/os-9-grupos-de-waza/koshi-waza-tecnica-de-quadril/o-goshi/>

Silva, M., Kleinhans, A. C. (2006) Processos cognitivos e plasticidade cerebral na síndrome de down. *Rev. Bras. Ed. Esp.*, 12 (1), 123-138.

Snell, R. S. (2003) *Neuroanatomia Clínica para estudantes de medicina*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 5º Edição.

Theodossakis, C., Silvia, P., Nascimento, E. (2012) Contribuições da prática do judo à pessoa com deficiência visual. *Revista Digital* 168. Recuperado em Dezembro 20, 2012 a partir de: <http://www.efdeportes.com/efd168/judo-a-pessoa-com-deficiencia-visual.htm>

Westbrook, C., Roth, C. K., Talbot, J. (2011) *MRI in practice*. UK. Wiley-Blackwell. 4º Edição.

## **ANEXOS I**



### Consentimento Informado

A preencher pelo voluntário

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Teve algum problema relacionado com a realização de RM? Sim \_\_\_ Não \_\_\_ Qual? \_\_\_

Foi submetido a algum tipo de cirurgia? Sim \_\_\_ Não \_\_\_ Qual? \_\_\_

Indique se tem implantado algum dos seguintes objectos:

	SIM	NÃO
"Pacemaker" cardíaco		
Clips metálicos cranianos, aórticos, etc.		
Desfibrilhadores		
Sistemas de neuroestimulação		
Bombas de infusão		
Implantes cocleares (ouvidos)		
Válvulas ou stents cardíacos		
Cateteres		
Shunt espinhal ou ventricular		
Placas ou parafusos em fracturas ósseas		
Próteses articulares		
Outros implantes metálicos		

É soldador ou mecânico? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

Existe a possibilidade de ter algum fragmento metálico intra-ocular? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

Quantos quilos pesa? \_\_\_ Kg

Porque motivo lhe foi prescrita uma Ressonância Magnética?

---

#### Para clientes do sexo feminino

Está grávida? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

Existe possibilidade de estar grávida? Sim \_\_\_ Não \_\_\_

Usa algum dispositivo intra-uterino? Sim \_\_\_ Não \_\_\_



### Informação

O exame de **Ressonância Magnética** utiliza um alto campo magnético associado a ondas de radiofrequência para a aquisição das imagens. Requer cuidados especiais para a sua realização e para segurança dos pacientes. Em decorrência desse elevado campo magnético, objectos metálicos (chaves, moedas, correntes, ganchos de cabelo, brincos, anéis, piercings, botões metálicos nas roupas, muletas, etc.) **devem ser previamente retirados**, pois podem ser atraídos pelo equipamento. Portanto, **a entrada na sala com estes objectos é proibida**.

Durante o exame o voluntário estará deitado numa marquesa, em decúbito dorsal (barriga para cima). Será colocada na região da cabeça, uma bobine que serve para intensificar e receber o sinal, que posteriormente é utilizado para produzir as imagens.

A marquesa deslizará para o centro do equipamento de forma suave e silenciosa. Durante todo o exame, o voluntário não sentirá nenhuma sensação de dor ou desconforto, uma vez que nada lhe toca durante os procedimentos necessários para a aquisição das imagens.

Devido às especificações do equipamento, o interior da sala é mantido a uma temperatura constante de 24°C, o que por vezes pode dar a sensação de frio. Serão providenciados cobertores de aquecimento, para que o voluntário se sinta o mais confortável possível. Está disponível durante todo o exame, um intercomunicador para que o paciente comunique com o técnico, sempre que alguma preocupação ou desconforto possam surgir. Assim durante todo o exame o técnico pode dar orientações e conversar com o paciente. O Técnico de Radiologia observa o paciente, através de uma janela, durante o tempo total do exame. A única colaboração que é pedida ao voluntário é que este permaneça com a cabeça o mais imóvel e relaxado possível durante a fase de aquisição das imagens.

O exame demora cerca de **40-50min** dependendo da colaboração do paciente, uma vez que qualquer movimento é prejudicial à boa qualidade das imagens obtidas.

### Preparação

Para a realização deste exame por Ressonância Magnética, não será necessário nenhuma preparação específica.

### Efeitos adversos

No que se refere ao exame propriamente dito, não são conhecidos quaisquer efeitos. No entanto em alguns pacientes portadores de implantes ou objectos metálicos, pode existir uma contra-



indicação para a realização do mesmo. Qualquer dúvida, o paciente pode sempre contar com o técnico para explicar alguma informação, que de todo possa não entender.

#### **Declaração**

Declaro ter lido e entendido toda a informação presente, bem como ter sido esclarecido de todas as dúvidas que entendi pertinentes para poder realizar o exame de Ressonância Magnética. Assino e dato a presente declaração como forma de consentimento para a realização do exame.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Caso exista algum impedimento por parte do cliente em assinar, declaro que autorizo a realização do exame.

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **ANEXOS II**



**Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde**

**Unidades Curriculares Projeto / Estágio**

Exmo. Sr.  
Presidente do Conselho de Administração  
HOSPITAL CUF DESCOBERTAS  
R. Mário Botas (Parque das Nações)  
1998-018 Lisboa

**Assunto:** Pedido de Autorização para realização do trabalho de campo no serviço de Radiologia, no âmbito de tese de Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde – Imagem por Ressonância Magnética.

Lisboa, 03 de Abril de 2013

EXMO. SENHOR,

Catarina Andrade Teles de Viterbo Correia, Técnica de Radiologia licenciada pela Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Lisboa, a realizar o Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde, dirigido pelo Prof. Doutor Nuno Teixeira, no ramo de especialização de Imagem por Ressonância Magnética, vem por este meio solicitar autorização para a realização do trabalho de campo, no âmbito do Projeto de Investigação, no serviço de Radiologia da Instituição que V. Ex. superiormente dirige. Este trabalho é orientado pelos professores Doutor Hugo Ferreira e Mestre Margarida Ribeiro, tem como tema “Avaliação por fMRI do córtex occipital através de estimulação sonora em desportistas invisuais e desportistas sem deficiência visual”.

O principal objectivo deste trabalho é: “Verificar, através da Ressonância Magnética funcional (fMRI), se existem diferenças significativas na perceção entre atletas judocas invisuais e atletas judocas sem deficiência visual, quando submetidos a uma informação verbal relacionada com a prática desportiva”.

De forma a clarificar e a justificar a realização desta investigação, anexo o documento suporte do Projeto que foi aprovado pelo Conselho de Mestrado.

De forma sucinta, descreve-se o que pretendo da vossa colaboração:

-Realização de exames de Ressonância Magnética a amostra de 20 judocas e a disponibilização dos seguintes recursos:

1 – Técnicos

- a) Local de realização dos exames, equipado com um aparelho de Ressonância Magnética;

2 – Humanos

- Técnico de Radiologia Nuno Martins, com quem já contatei e se disponibilizou para este apoio, para manuseamento do equipamento e facilitador no acesso às instalações;



### 3 – Financeiros

Para além dos relativos à utilização das instalações e equipamento não existirão outros custos associados.

### 4 – Tempo

- a) Cerca de 40 minutos cada aquisição por voluntário, num total de 13,5 horas;
- b) De acordo com a disponibilidade do equipamento e do Técnico, o trabalho poderá ser desenvolvido ao longo de 1 a 1,5 meses

Será preservado o fluxo de trabalho da instituição sugerindo que os estudos sejam efectuados nos períodos de interrupção do equipamento de RM

Devo referir, ainda, que este estudo pioneiro será publicado com referência expressa à Instituição José de Mello Saúde – Hospital CUF Descobertas como instituição de acolhimento e suporte técnico, tendo a sua escolha sido ditada pela sua reconhecida competência técnica, nomeadamente na área da Radiologia, e pelo apoio que esta instituição oferece à Educação/Investigação direccionadas às tecnologias de saúde.

Por fim, relevo o facto de, para além do Projeto estar superiormente aprovado pelo Conselho de Mestrado, tem o acordo expresso dos judocas alvo da amostra bem como das entidades a que pertencem:

- Clube Judo Total e do seu responsável Mestre Manuel Costa e Oliveira (atualmente Presidente da F. P. de Judo);
- Judo Clube de Lisboa e do seu responsável Mestre João Nunes.

Para quaisquer esclarecimentos adicionais que venham a ser necessários, poderei ser contactada através de:

- Telemóvel: 96 76 76 992
- E-mail: [catarinacorreia12@gmail.com](mailto:catarinacorreia12@gmail.com)

Muito grata por toda a atenção dispensada, APRESENTO A V. EXA. OS MEUS MELHORES  
CUMPRIMENTOS,

CATARINA CORREIA

Catarina Viterbo Correia

Anexo:

- Documento de Projeto de Investigação (aprovado pelo Conselho de Mestrado)

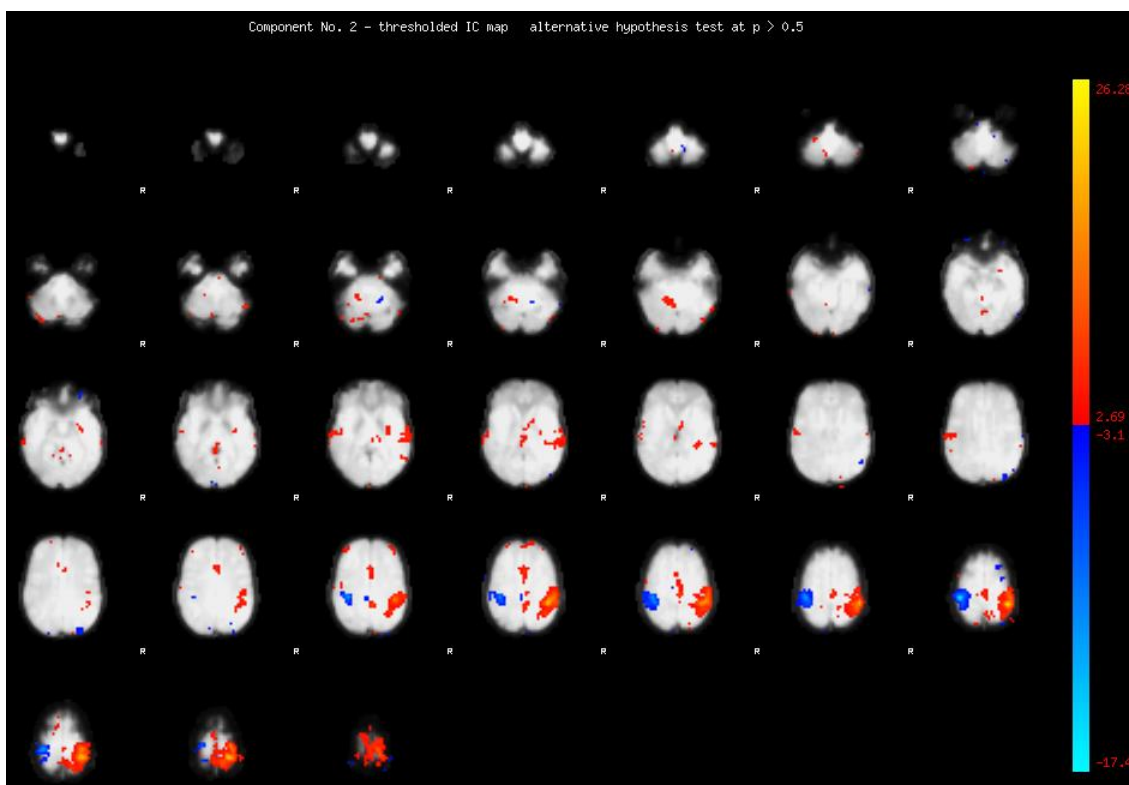
## **ANEXOS III**

## Imagens individuais de voluntários com deficiência visual e normovisuais

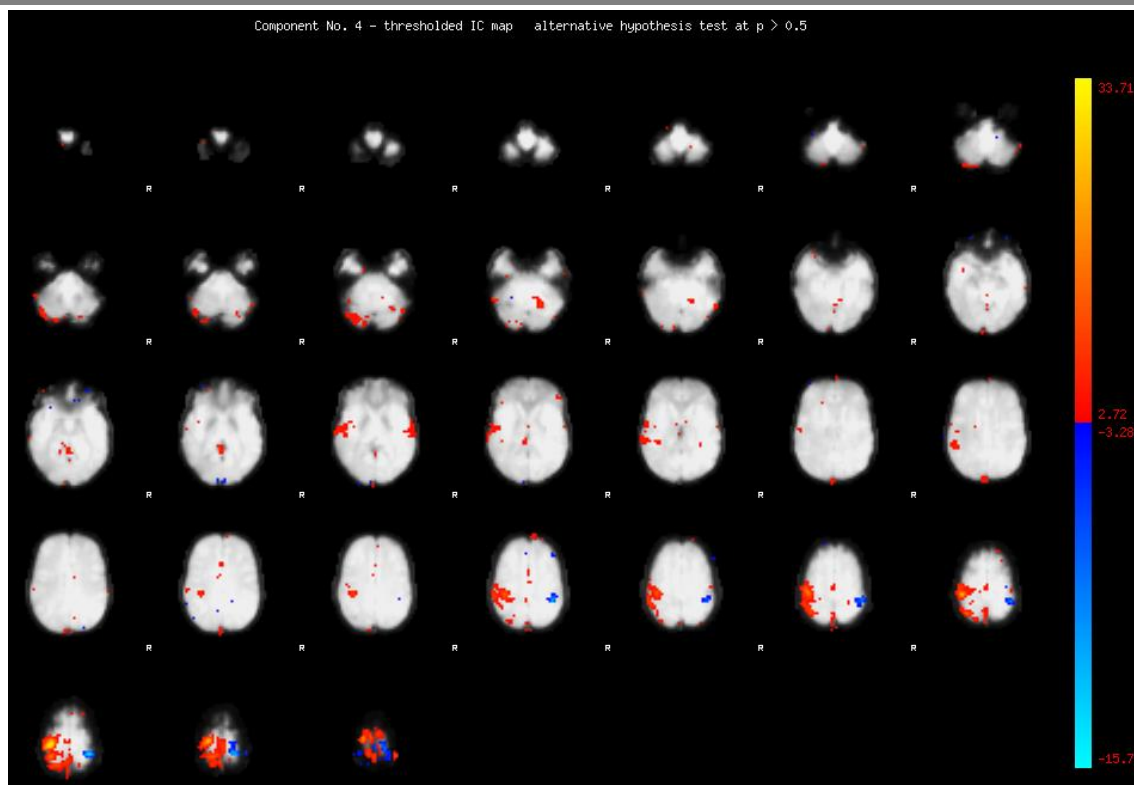
### Paradigma de execução motora

As imagens que se seguem dizem respeito às áreas activadas aquando do estímulo de execução motora (abrir e fechar a mão direita e mão esquerda alternadamente) em voluntários com deficiência visual.

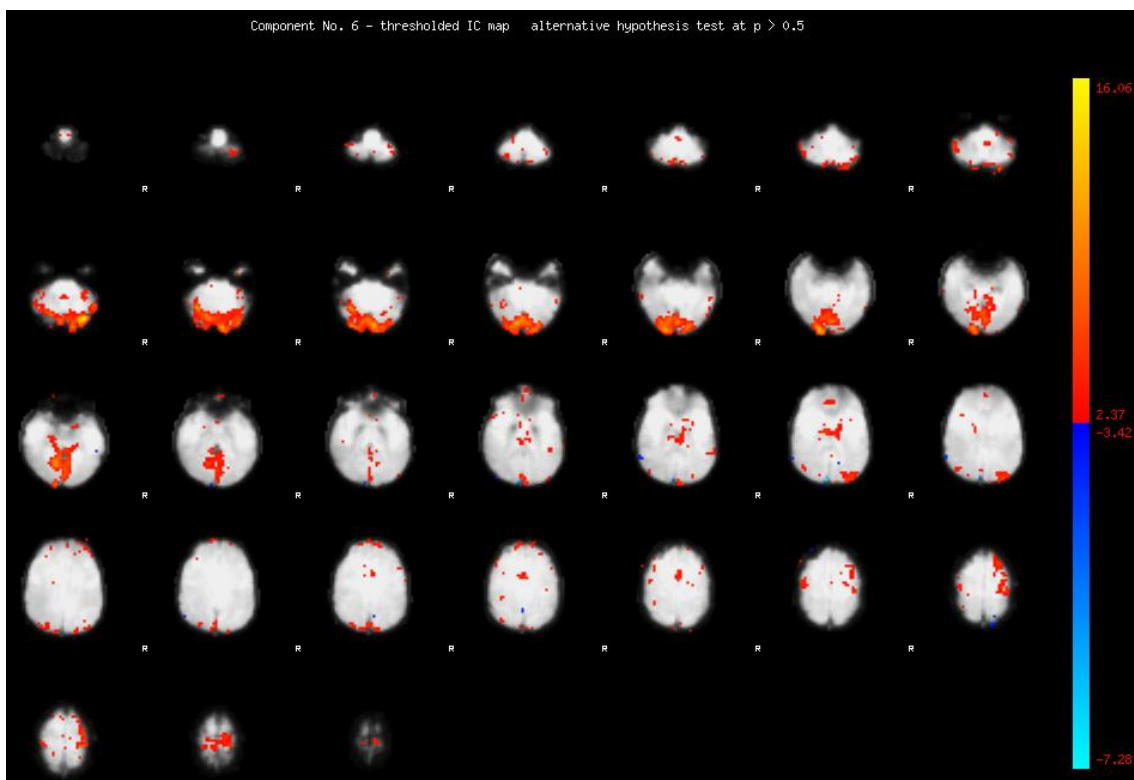
#### Voluntários com deficiência visual



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário deficiente visual mostra maioritariamente activação do córtex motor primário e córtex somato-sensorial primário responsável pelo movimento da mão direita. Também é possível verificar alguma activação ao nível do cerebelo, córtex auditivo primário (lobo temporal).



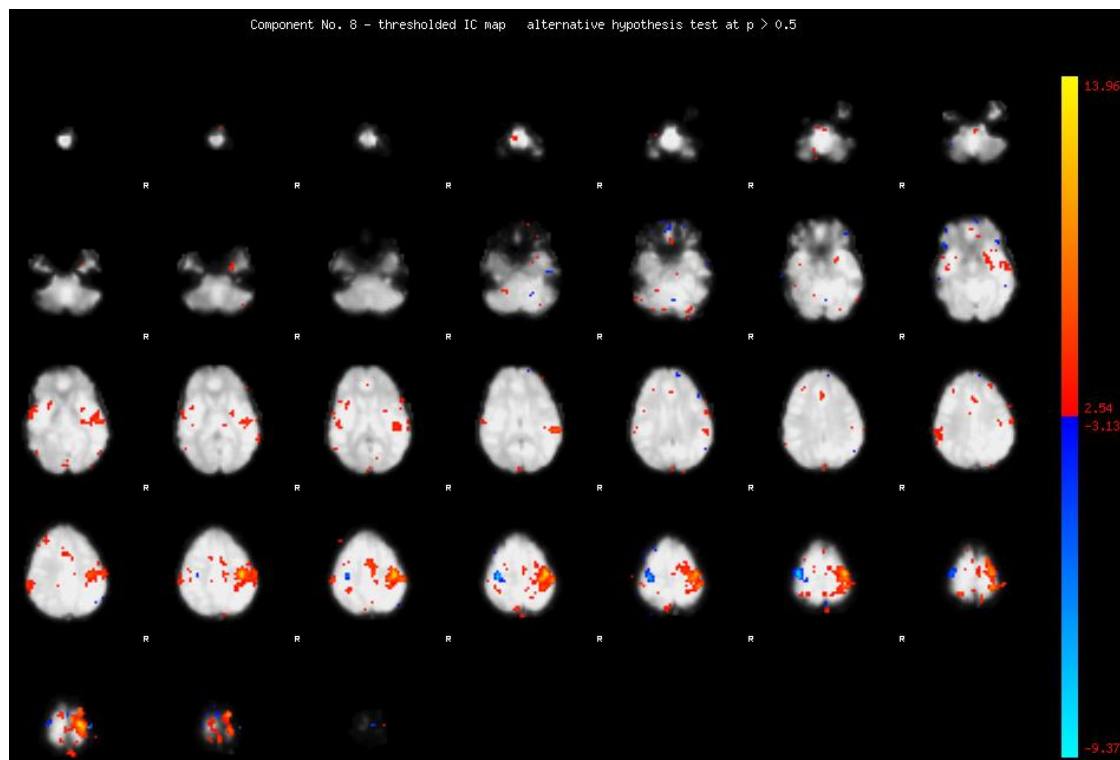
Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário deficiente visual mostra activação do córtex motor primário e córtex somato-sensorial primário responsável pelo movimento da mão esquerda. Também é possível verificar alguma activação ao nível do cerebello, córtex auditivo primário (lobo temporal).



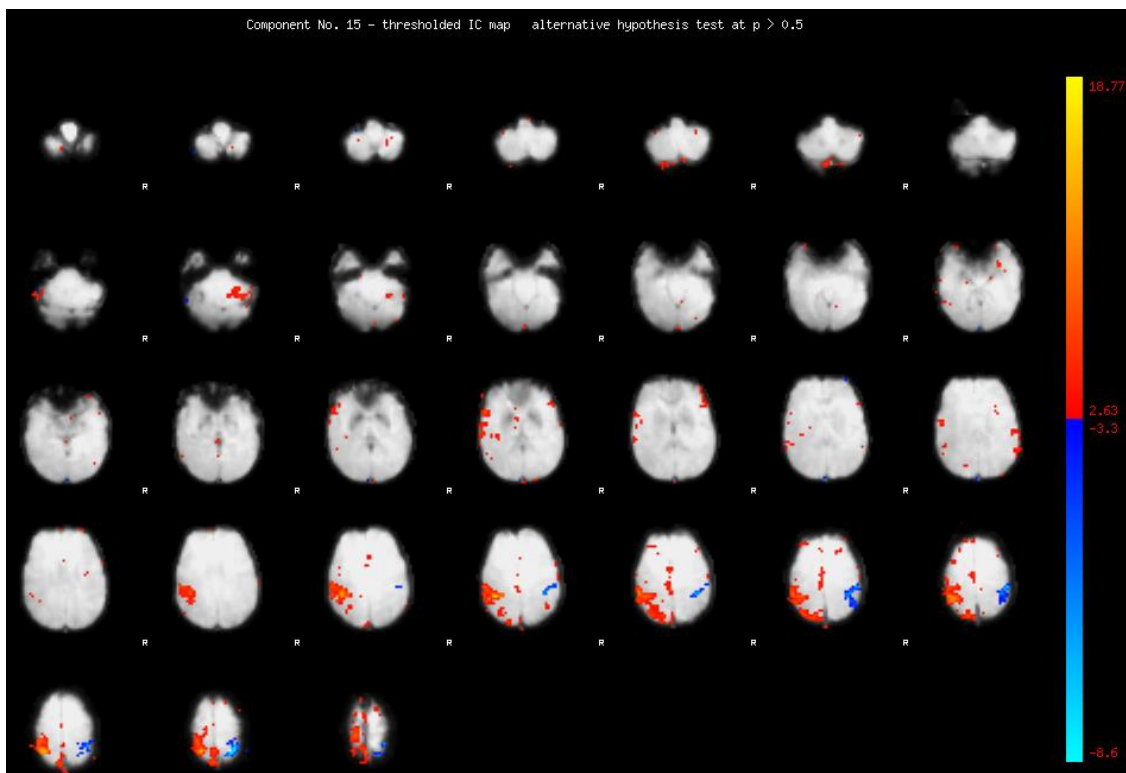
Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário deficiente visual mostra maioritariamente activação do cerebello e do córtex visual. Também é possível verificar alguma activação ao nível da área pré-frontal (lobo frontal – concentração/ atenção/ motivação).

Relativamente aos voluntários normovisuais, como as imagens abaixo indicam, foram igualmente activadas as áreas correspondentes à área motora de ambas as mãos, cerebelo e córtex visual.

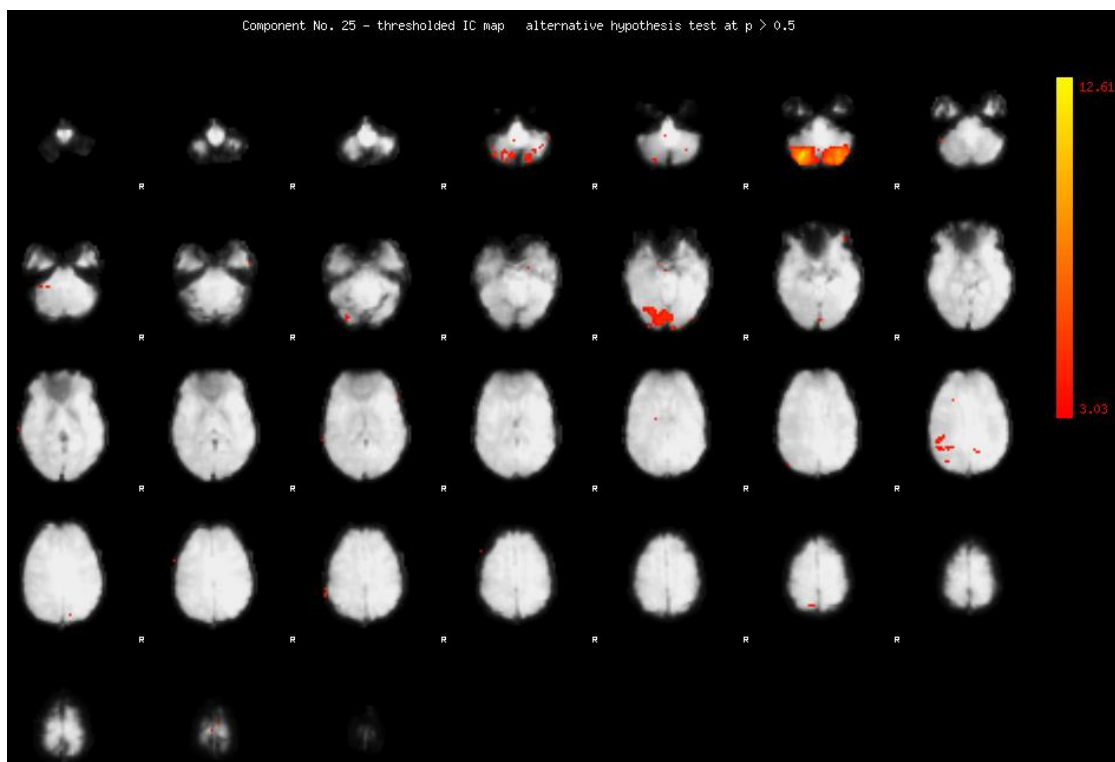
### Voluntários normovisuais



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário normovisual mostra activação mostra maioritariamente activação do córtex motor primário e córtex somato-sensorial primário responsável pelo movimento da mão direita. Também é possível verificar alguma activação ao nível do córtex auditivo primário (lobo temporal).



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário normovisual mostra maioritariamente activação do córtex motor primário e córtex somato-sensorial primário responsável pelo movimento da mão esquerda. Também é possível verificar alguma activação ao nível do cerebello e córtex auditivo primário (lobo temporal).

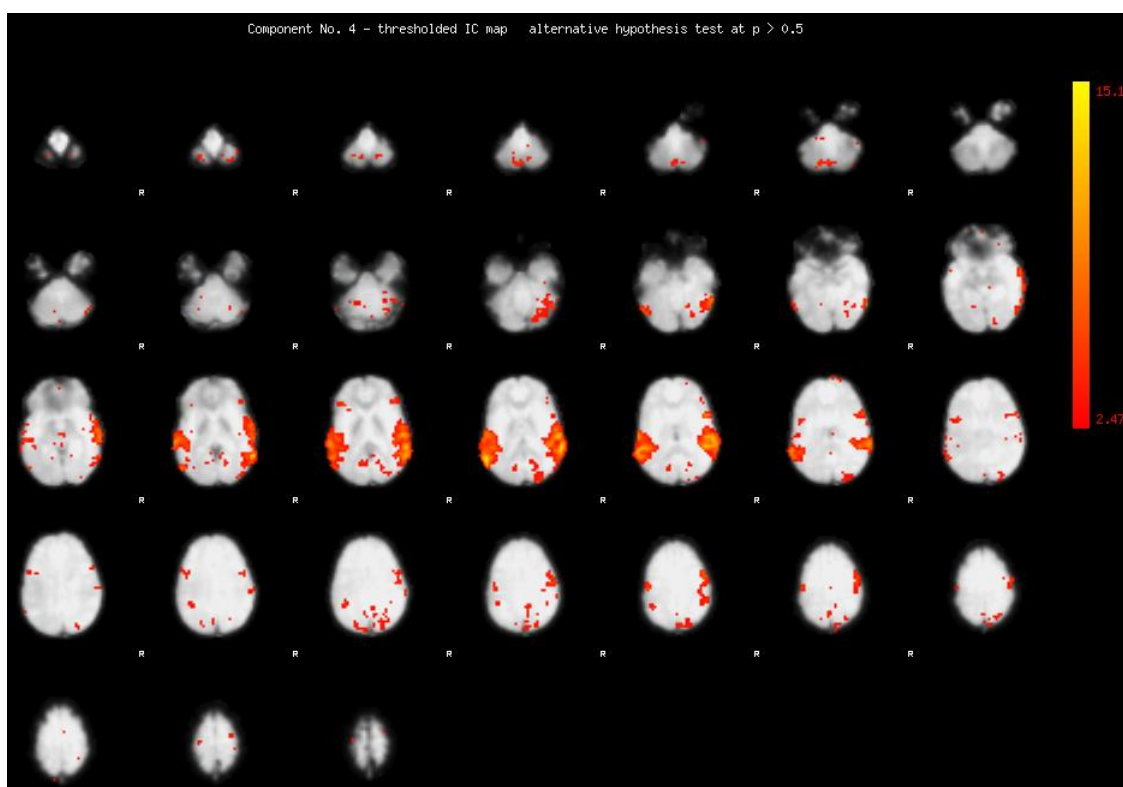


Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação MELODIC. Voluntário normovisual mostra activação do cerebello e córtex visual.

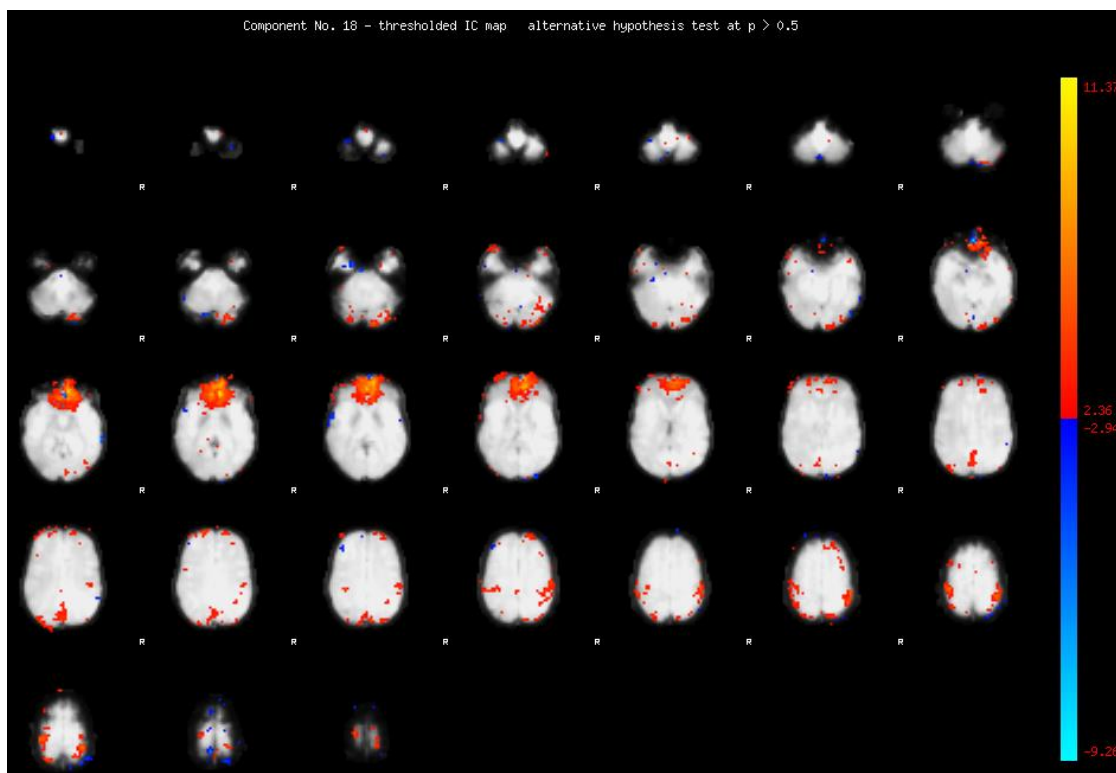
## Paradigma de imagética motora

Foram adquiridas imagens de todos os voluntários através da aplicação deste paradigma de imagética motora (Técnica de Radiologia proferia nomes de golpes de judo que exigem determinados movimentos) e mais uma vez analisadas com o auxílio do FSL.

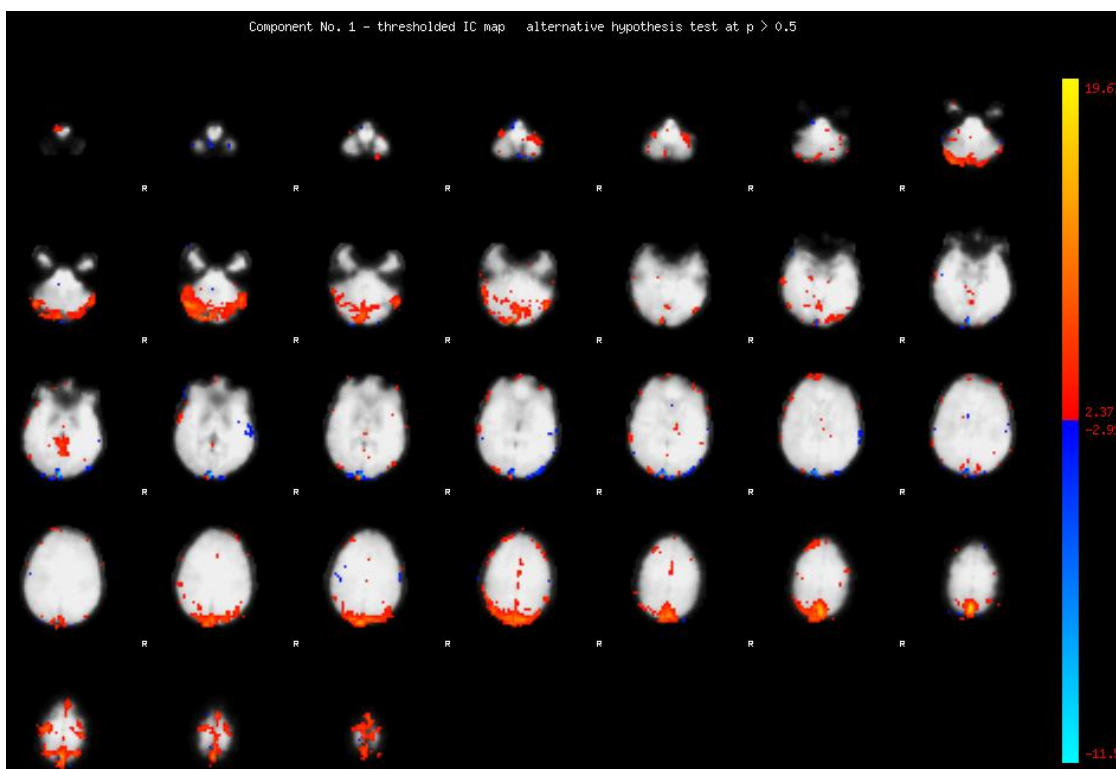
### Voluntários com deficiência visual



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário com deficiência visual mostra activação de uma pequena porção do cerebelo e do córtex visual. É possível também verificar-se activação da área de Wernicke, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa bilateral.

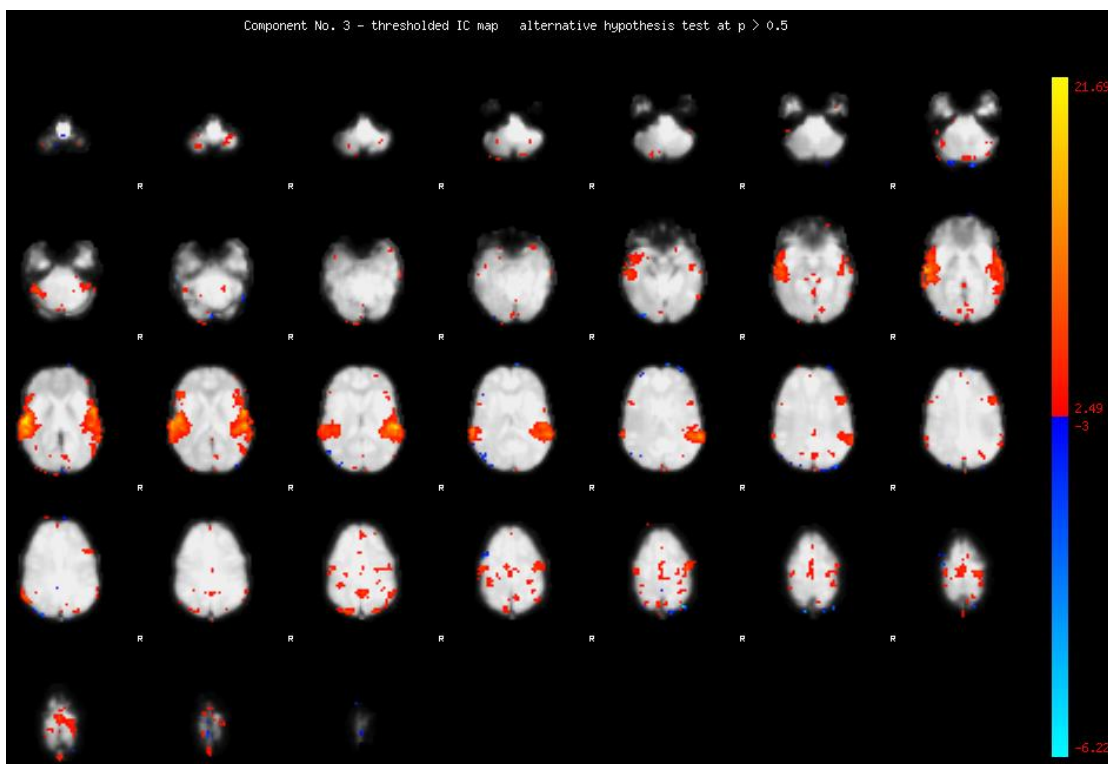


Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário com deficiência visual mostra activação da área pré-frontal. Algumas áreas como a do córtex visual, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa também foram activadas.

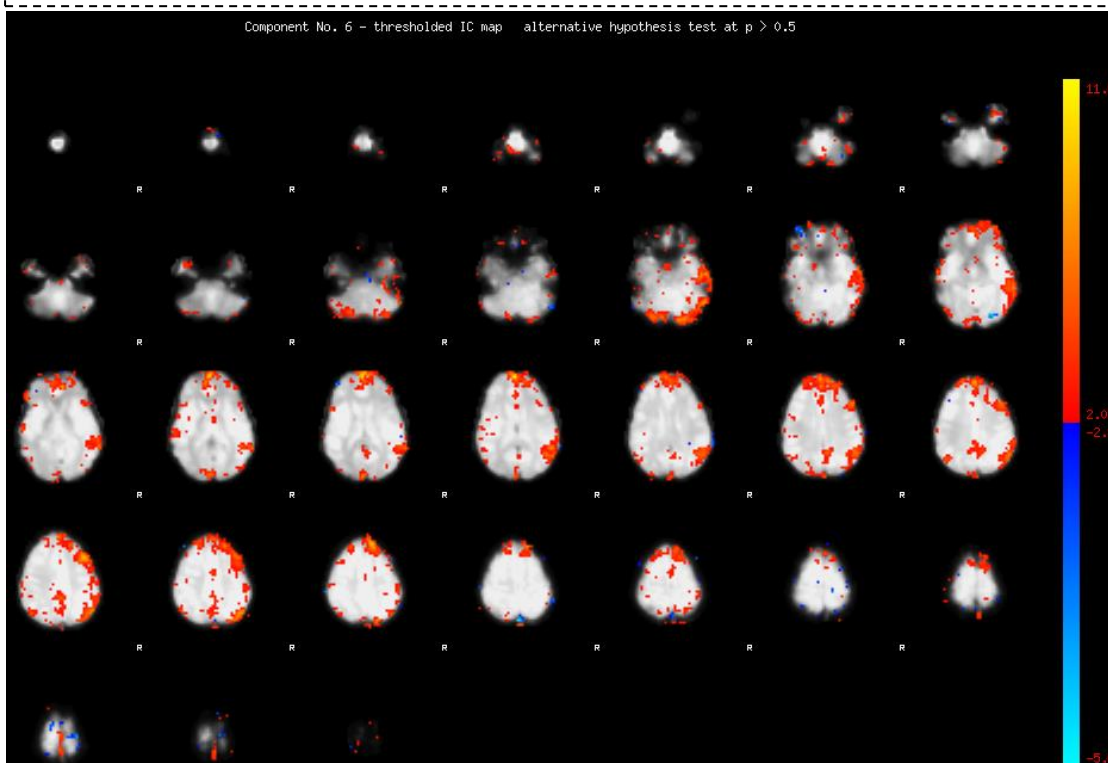


Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário com deficiência visual mostra activação do cerebelo e córtex visual.

### Voluntários normovisuais



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário normovisual mostra activação de uma pequena porção do cerebelo e do córtex visual. É possível também verificar-se activação da córtex auditivo primário, área de Wernicke, córtex motor primário, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa bilateral.

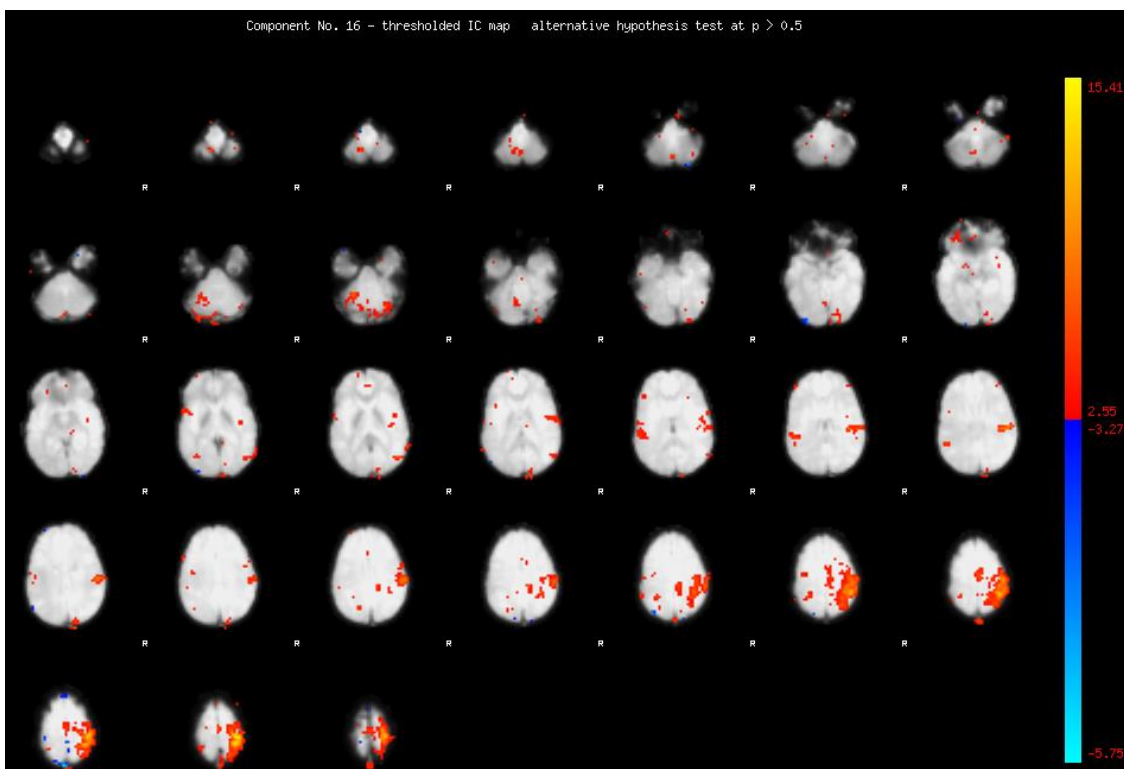


Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário normovisual mostra activação da área pré-frontal. Algumas áreas como a do córtex auditivo primário, córtex visual, área de Wernicke, algumas porções do córtex motor primário e somato-sensorial primário também foram activados.

## Paradigma sensorial tátil

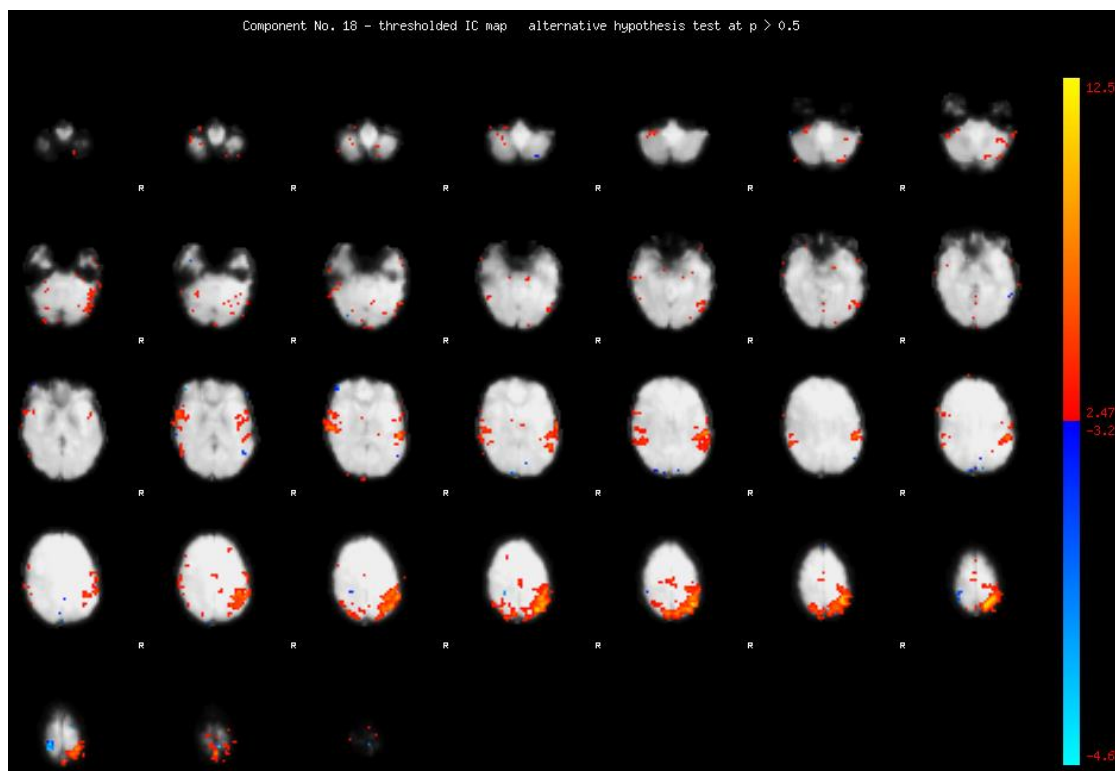
No que diz respeito ao paradigma sensorial tátil (Técnico de Radiologia estava presente na sala de exames e ia passando o fato de judo na mão direita do voluntário alternando com período de repouso).

### Voluntários com deficiência visual

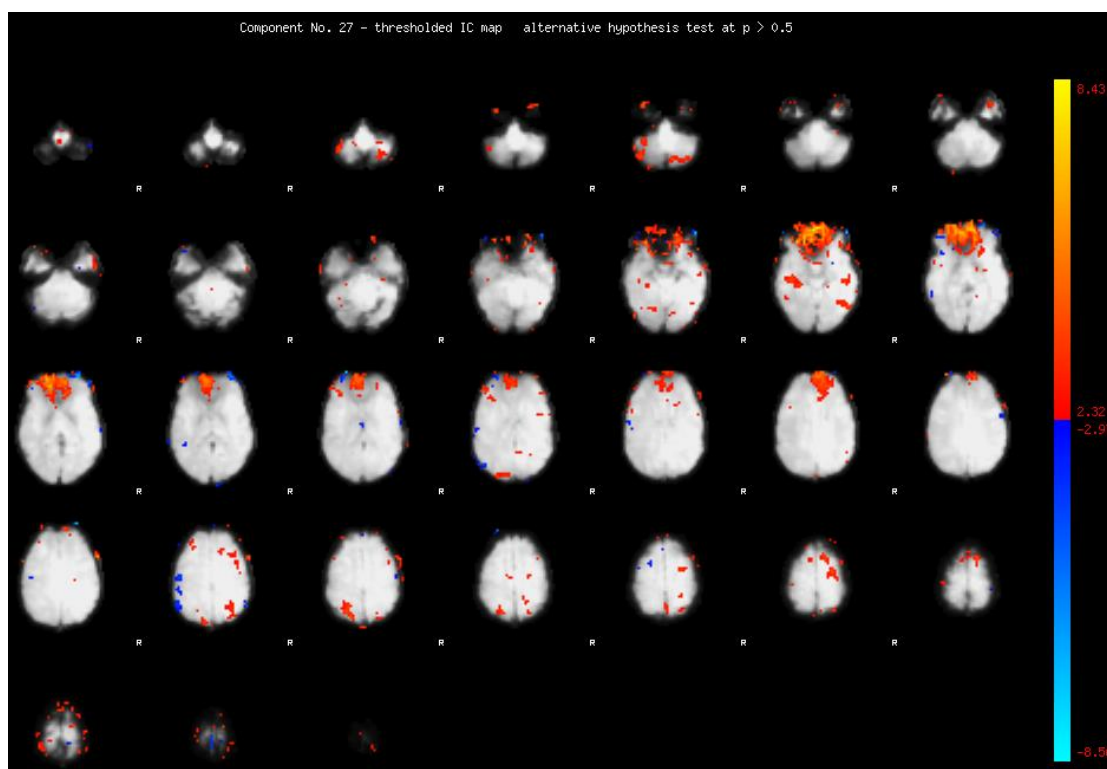


Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário com deficiência visual mostra activação do cerebelo, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita.

Voluntários normovisuais



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário normovisual mostra activação do cerebelo, córtex auditivo primário, córtex somato-sensorial primário e área somato-sensorial associativa responsável pela área sensorial correspondente à mão direita.



Mapas de activação obtidos no FSL, através da aplicação *MELODIC*. Voluntário normovisual mostra activação sobretudo da área pré-frontal. É possível também verificar-se alguma activação ao nível do cerebelo.

## **ANEXOS IV**

Os dados obtidos com os exames de RM foram posteriormente processados através do *software FSL* e analisados com o auxílio do *software Xjview*. De seguida serão apresentados os resultados obtidos após esta análise.

### **Paradigma de execução motora**

#### Voluntários com deficiência visual

##### Mão esquerda

Através dos clusters obtidos com a análise de ambos os grupos através da ferramenta *Feat* do *software fsl* e da sua análise com o *software Xjview*.

Cluster	Voxels	Zmáx	x	y	z
1	3039	4.84	34	-30	60
2	1045	4.09	-10	-44	-16

As principais áreas activadas no grupo de indivíduos com deficiência visual aquando do paradigma de execução motora (movimento da mão esquerda) foram:

- Girus Pré-central e Pós-central
- Áreas de Brodman 3, 4 e 6
- Tálamo
- Insula

##### Mão direita

Cluster	Voxels	Zmáx	X	Y	z
1	2958	4.61	-38	-34	60
2	729	4.14	14	-54	-20

As principais áreas activadas no grupo de indivíduos com deficiência visual aquando do paradigma de execução motora (movimento da mão direita) foram:

- Lobo Frontal e Parietal
- Girus Pré-central e Pós-central
- Áreas de Brodman 3, 4 e 6
- Lobo anterior do cerebelo
- Vermis 4, 5 e 6.

Voluntários normovisuais

Mão esquerda

Cluster	Voxels	Zmáx	x	y	z
1	2811	4.82	40	-18	54

As principais áreas activadas no grupo de indivíduos normovisuais aquando do paradigma de execução motora (movimento da mão esquerda) foram:

- Lobo Parietal
- Girus Pré-central
- Áreas de Brodman 3, 4 e 6

Mão direita

Cluster	Voxels	Zmáx	x	y	z
1	3783	4.41	-36	-22	50
2	877	3,63	18	-54	-24

As principais áreas activadas no grupo de indivíduos normovisuais aquando do paradigma de execução motora (movimento da mão direita) foram:

- Lobo Parietal
- Girus Pré-central
- Áreas de Brodman 3, 4 e 6

## Paradigma de imagética motora

### Voluntários com deficiência visual

Cluster	Voxels	Z <sub>máx</sub>	x	y	z
1	5418	3.44	-20	-70	-58
2	4780	4.09	58	-20	-4
3	3907	4.27	-54	-26	6

As principais áreas activadas no grupo e indivíduos com deficiência visual aquando do paradigma de imagética motora foram:

- Lobo Frontal
- Áreas de Brodman 6, 7, 21, 22, 41 e 42
- Lobo occipital – áreas de Brodman 17 e 18
- Lobo posterior do cerebelo

### Voluntários normovisuais

Cluster	Voxels	Z <sub>máx</sub>	x	y	z
1	1513	3.35	-64	-20	-2
2	1280	2.75	66	-36	8

As principais áreas activadas no grupo e indivíduos normovisuais aquando do paradigma de imagética motora foram:

- Lobo Temporal esquerdo e direito
- Áreas de Brodman 21, 22, 41 e 42
- Girus Temporal superior e médio

## Paradigma de sensorial táctil

### Voluntários com deficiência visual

Cluster	Voxels	Zmáx	x	y	z
1	925	8.25	54	-26	20
2	703	8.25	-48	-36	-24

As principais áreas activadas no grupo e indivíduos com deficiência visual aquando do paradigma de sensorial táctil foram:

- Lobo Parietal
- Áreas de Brodman 13 e 40
- Girus Pós-central

### Voluntários normovisuais

Cluster	Voxels	Zmáx	x	y	z
1	1039	6.48	54	-26	20
2	680	5.96	-48	-36	-24

As principais áreas activadas no grupo e indivíduos normovisuais aquando do paradigma de sensorial táctil foram:

- Lobo Parietal
- Áreas de Brodman 2, 4 e 40
- Girus Pós-central