Universidade Federal do ABC

Mestrado em Neurociência e Cognição

Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal

Giuliana Martinatti Giorjiani

Orientador: Dr. Marcelo Salvador Caetano

Coorientador: Dr. Claudinei Eduardo Biazoli Jr.

Janeiro/2017

São Bernardo do Campo

Universidade Federal do ABC

Mestrado em Neurociência e Cognição

Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal

Documento de Dissertação do Mestrado em Neurociência e Cognição

Aluna: Giuliana Martinatti Giorjiani

Orientador: Dr. Marcelo Salvador Caetano

Coorientador: Dr. Claudinei Eduardo Biazoli Jr.

Trabalho apresentado ao Programa de
Pós Graduação em Neurociência e Cognição da
Universidade Federal do ABC, como requisito
para a obtenção do grau de Mestre.

Banca de Avaliadores da Dissertação

Presidente: Dr. Marcelo Salvador Caetano

Titular Interno: Dr. João Ricardo Sato

Titular Externo: Dra. Joana Bisol Balardin

Janeiro/2017

São Bernardo do Campo

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Cognição
Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017
ppgnc@ufabc.edu.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

No trigésimo dia do mês de janeiro de dois mil e dezessete, às quatorze horas e trinta minutos, no auditório A021, no térreo do bloco Delta, da Universidade Federal do ABC, no campus São Bernardo do Campo, realizou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal."** de autoria da candidata **Giuliana Martinatti Giorjiani**, RA nº 13015115, discente do Programa de Pós-Graduação em Neurociência e Cognição da UFABC. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi considerada aprovada pela Banca Examinadora.

E, para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Banca.

Prof.(a) Dr.(a) Joao Ricardo Sato
Universidade Federal do ABC – Titular

Prof.(a) Dr.(a) Joana Bisol Balardin
Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein – Titular

Prof.(a) Dr.(a) Raphael Yokoingawa de Camargo
Universidade Federal do ABC – Suplente

Prof.(a) Dr.(a) Thiago Leiros Costa
Universidade Presbiteriana Mackenzie – Suplente

Prof.(a) Dr.(a) Marcelo Salvador Caetano
Universidade Federal do ABC – Presidente

Universidade Federal do ABC

Resumo

A percepção de movimento pode alterar a percepção do tempo. Existem diferentes categorias de estímulos de movimento, entre eles: o movimento biológico (representação humana do movimento) e o movimento não biológico (qualquer outro tipo de representação do movimento não humano). Estudos de neuroimagem sugerem que algumas áreas corticais apresentam respostas mais evidentes para estímulos de movimento biológico (Sulco Temporal Superior – STS) enquanto outras preferem o movimento não biológico (Giro Temporal Médio – MTG, do inglês). Dado esses achados, o presente estudo se propôs primeiramente a investigar se categorias distintas de movimento (biológico e não biológico) poderiam modular a percepção de tempo de forma diferente. Além disso, o estudo também se propôs a examinar o padrão das respostas corticais hemodinâmicas das áreas STS e MTG durante a exposição aos estímulos de movimentos biológicos e não biológicos entre diferentes velocidades aparentes. O principal achado deste estudo refere-se à descrição de diferenças na distorção temporal entre estímulos com representação de movimento biológico e não biológico, em velocidades em que o movimento é julgado mais natural e plausível. Os resultados fisiológicos também sugerem uma diferença na atividade cortical hemodinâmica frente a estímulos com diferentes intensidades de movimento, além de mostrar correlações entre a percepção temporal e respostas fisiológicas.

Palavras-Chave: percepção de tempo, ilusão temporal, percepção de movimento, movimento biológico, NIRS, STS, MTG.

Abstract

The perception of motion can distort time perception. There are several categories of motion stimuli such as biological motion (human representation of motion) and non-biological motion (any other type of representation of non-human things). Neuroimaging studies suggest that some cortical areas in the brain are more responsive to stimuli of biological motion (Superior Temporal Sulcus), while others are more responsive to non-biological motion stimuli (Middle Temporal Gyrus). The present study has investigated if different categories of stimuli (biological and non-biological) can distort time perception in different manners. Furthermore, this study also investigated the patterns of hemodynamic responses in the STS and MTG areas while participants watched stimuli presented at different speeds. The main result was the difference in the temporal distortion caused by stimuli representing biological and non-biological motion in speeds in which the movement was judged to be natural and plausible. Physiological results suggest differences in hemodynamic responses during observation and performance in the time-reproduction task, and show correlations between temporal perception and cortical hemodynamic responses.

Key-words: time perception, temporal illusions, motion perception, biological motion, NIRS, STS, MTG.

Agradecimentos

O meu muito obrigada:
Aos meu pais Marcos e Silvia pela paciência, amor e cuidado durante todos os anos da minha vida. À minha irmã, que com seu bom humor tornou os momentos mais agradáveis.
Ao meu companheiro Hero por estar sempre ao meu lado e me ensinar a ser persistente.
A todos os meus professores que, com dedicação, me mostraram novos mundos a explorar.
Ao meu orientador Professor Dr. Marcelo Salvador Caetano por todo conhecimento transmitido, por seu tempo e paciência.
Ao meu coorientador Professor Dr. Claudinei Eduardo Biazoli Jr. por suas orientações apoio e suporte.
A todos os professores e colegas dos grupos de pesquisa *Timing*, L.I.N.D.A.S. e Neurociência e Música por suas sugestões e por compartilhar momentos agradáveis durante as reuniões do *Journal Club* e durante as manhãs, tardes e noites no laboratório 108/109.
A todos os voluntários e colegas de graduação e pós-graduação que prestativamente me auxiliaram a concluir todos os experimentos.
À Professora Dra. Marcela Bermúdez Echeverry por ter sido a primeira a me mostrar a beleza da Neurociência.
Finalmente, agradeço a UFABC que financiou esse estudo e foi minha segunda casa nos últimos seis anos.

“One cannot walk down an avenue, converse with a friend, enter a building, and browse beneath the sandstone arches of an old arcade without meeting an instrument of time. Time is visible in all places. Clock towers, wristwatches, church bells divide years into months, months into days, days into hours, hours into seconds, each increment of time marching after the other in perfect succession. And beyond any particular clock, a vast scaffold of time, stretching across the universe, lays down the law of time equally for all.”

ALAN LIGHTMAN, *Einstein's Dreams*

“Time can also be a place… Everything depends on where you are standing, on where you look or what you hear. The measure of it is found in consciousness itself.”

FRANK HERBERT, *God Emperor of Dune*

Sumário

1. Introdução p.09

1.1. Representação e Percepção do Movimento..... p.12

1.2. A Percepção de Tempo Frente a Estímulos de Movimento..... p.15

2. Objetivos e Hipóteses p.17

3. Métodos p.19

3.1. Experimento I p.19

3.1.1. Materiais p.20

3.1.2. Estímulos p.20

3.1.3. Procedimento..... p.21

3.1.4. Resultados p.23

3.1.5. Discussão p.24

3.2. Experimento II p.29

3.2.1. Materiais p.29

3.2.2. Estímulos p.32

3.2.3. Procedimento..... p.33

3.2.4. Resultados..... p.36

3.2.5. Discussão p.51

4. Conclusão..... p.55

5. Referências..... p.57

Anexo A - Piloto..... p.62

Anexo B – Estímulos..... p.72

Anexo C - Entrevistas..... p. 75

Anexo D – Tabelas de Correlação..... p. 77

Anexo E - TCLE..... p. 81

Anexo F – Escala de Movimento..... p. 92

1. Introdução

A capacidade de perceber a passagem do tempo é crucial para sobrevivência e adaptação de diferentes espécies de animais. O ser humano, por exemplo, é capaz de perceber a passagem do tempo e responder de acordo com essa percepção (Buhusi e Meck, 2005). Embora consiga estimar a passagem do tempo, em geral, de maneira acurada, a percepção temporal pode ser distorcida por diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos ao individuo. Ilusão temporal é o nome dado a essa percepção distorcida da duração de intervalos fixos de tempo, quando causadas por um fator atencional, fisiológico ou por características de estímulos do ambiente (Eagleman, 2008, Fernandes & Garcia-Marques, 2012).

Frente a fatores que distorcem a percepção temporal, o tempo percebido pode ser superestimando ou subestimando em relação à duração real do intervalo. Dentre os fatores capazes de causar ilusões temporais estão: emoção (Droit-Volet & Meck, 2007), frequência espacial, frequência temporal (Kanai, et al, 2006), preenchimento, atenção, esforço cognitivo, destaque, familiaridade, novidade (Eagleman, 2008, Fernandes & Garcia-Marques, 2012) e movimento (Brown, 1995, Kanai et al, 2006, Nather e Bueno, 2011).

Questões relacionadas diretamente à percepção de tempo (Buhusi & Meck, 2005, Droit-Volet & Meck, 2007, Eagleman, 2008) ou do movimento aparente (Nakayama, 1985, Grossman et al., 2000, 2001, Roudaia, et al, 2010) vêm sendo amplamente estudadas nas últimas décadas. Estímulos de movimento são particularmente úteis para o estudo de percepção temporal, pois a dinâmica e cinemática do movimento dependem de aspectos do processamento temporal que resultam na percepção de sucessão ou simultaneidade de eventos, o que leva à percepção do movimento aparente (Fraisse, 1984). Portanto, alguns estudos relacionam as duas questões – movimento e tempo – visando compreender de que maneira a percepção de movimento aparente se relaciona com a percepção temporal (Brown, 1995; Kanai et al, 2006; Nather e Bueno, 2011).

Na área de estudo de *timing*, o modelo de relógio interno é o modelo mais popular que propõe uma explicação para o processamento de informação temporal de intervalos de tempo na ordem de minutos e segundos (Treisman, 1963, Buhusi e Meck, 2005). A proposta desse modelo sugere três níveis de processamento temporal. No primeiro nível, está alocado um módulo gerador de pulsos (*pacemaker*) e um contador de pulsos ou acumulador. No segundo

nível, há o módulo de estocagem dos pulsos acumulados pelo contador. Finalmente, no terceiro nível, há um comparador que recebe *inputs* dos módulos de estocagem e compara os valores recebidos com um valor retirado da memória de referência formada por experiências passadas do organismo com o estímulo sinalizador do intervalo a ser estimado. O princípio de funcionamento do modelo sugere que o circuito entre o *pacemaker* e o acumular é fechado (i.e., permite a passagem de pulsos para o acumulador) quando o estímulo que sinaliza o início do intervalo a ser estimado é apresentado. Esses pulsos são armazenados pelo acumulador até a extinção do estímulo ou entrega do estímulo reforçador ou punitivo (e.g., comida ou choque). Neste momento, o número de pulsos presente no acumulador é transferido a um módulo de memória e servirá como referência para experiências futuras com o mesmo intervalo e estímulo sinalizador.

Considerando o modelo de relógio interno (Treisman, 1963), muitos pesquisadores discutem que a relação encontrada entre quantidade de movimento e a percepção dilatada do intervalo de tempo pode ser explicada por uma aceleração do *pacemaker* (Brown, 1995, Kanai et al, 2006, Nather e Bueno, 2011). Quanto maior a quantidade de movimento, mais pulsos são gerados e armazenados no mesmo intervalo de tempo e, portanto, o intervalo é percebido como sendo mais longo do que a duração real para essas condições. Portanto, a origem da distorção da percepção temporal deve ser oriunda do primeiro estágio ou no nível do *pacemaker*. A aceleração do *pacemaker* também aparenta estar relacionada às propriedades específicas dos estímulos de movimento, como características intrínsecas do corpo que realiza o movimento (forma, tamanho e complexidade), velocidade ou frequência temporal (Brown, 1995, Kanai et al., 2006, Nather e Bueno, 2011).

Embora existam diversas evidências de estruturas subcorticais e regiões corticais relacionadas ao processamento da informação temporal, a precisa identificação anatômica e funcional de todas as partes que compõem o relógio interno ainda é desconhecida. Bueti, et al. (2008) e Shuler (2016) mostraram que a área MT/V5, amplamente conhecida por ser responsiva a estímulos visuais de movimento (Perrone e Thiele, 2011, Williams e Wright, 2009, Liu e Newsome, 2005, Born e Bradley, 2005, Kourtzi e Kanwisher, 2000), também participa no processamento da informação temporal. A relação desta área com o processamento da informação visual e temporal pode sugerir que outras áreas conectadas a ela também possam estar relacionadas ao processamento de informação temporal (Lahnakoski, et al., 2012). Regiões conectadas à área MT/V5, como a região posterior do Sulco Temporal Superior (STS) e Giro Temporal Médio (MTG), são mais responsivas a estímulos de

movimento biológico humano e não biológico, respectivamente (Beauchamp, et al., 2002 e 2003). Se essas áreas desempenham um trabalho de processamento duplo e simultâneo (processam movimento e tempo), é possível que distorções temporais possam estar relacionadas a alterações no padrão de atividade nestas regiões.

Estudos que descrevem distorções temporais causadas por diferentes velocidades de movimento usam, como estímulos visuais, representação do corpo humano (Orgs et al., 2011, Nather e Bueno, 2011) e formas abstratas ou geométricas (Brown, 1995, Kanai, et al., 2006). Porém, ainda nenhum estudo comparou a percepção temporal entre estímulos de movimento biológico e não biológico, utilizando estímulos visuais com representação do movimento aparente destas duas categorias. Além disso, nenhum estudo descreveu a resposta de áreas ligadas a MT/V5, como STS e MTG, frente a estímulos de movimento de diferentes velocidades e formas, e nem se essa resposta tem relação com a percepção temporal.

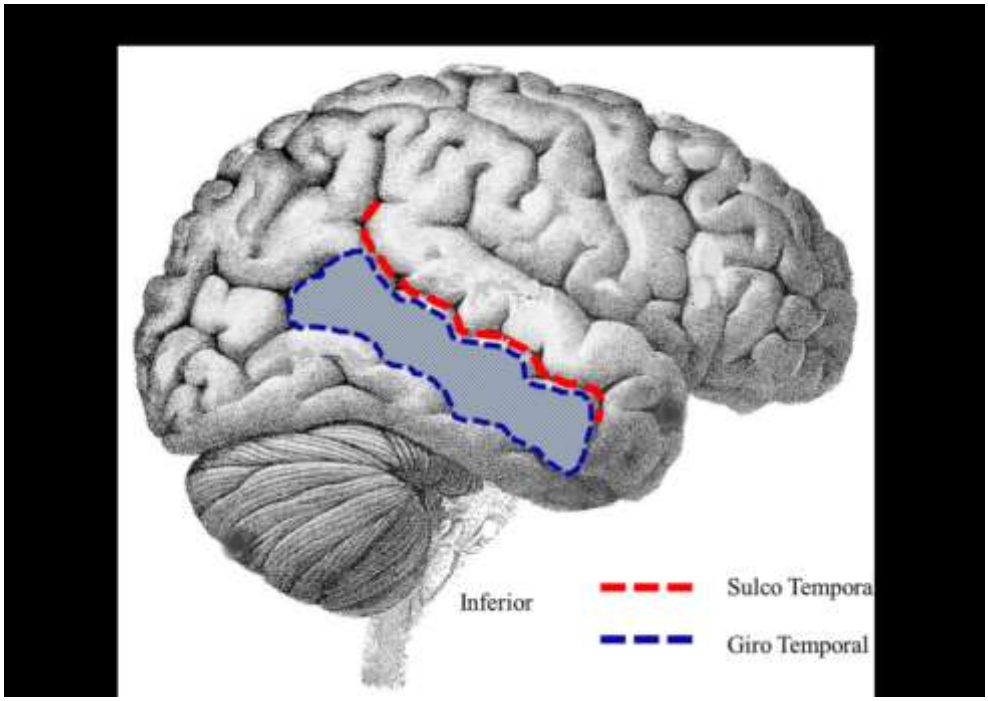


Figura 1: Região do Sulco Temporal Superior (STS) e Giro Temporal Médio (MTG) [*].

1.1. Representação e Percepção do Movimento

Estudos que utilizam estímulos visuais com representação virtual de movimento se deparam com questões que envolvem representar o movimento de forma plausível e contínua a partir de imagens estáticas. Isso envolve ajustar a diferença espacial entre os quadros que compõem a sequência de apresentação do estímulo e a taxa de amostragem de quadros de forma que o movimento aparente seja percebido como natural (Adelson & Bergen, 1985). A representação virtual do um corpo que irá realizar um movimento também deve ser considerada. Os objetos que realizam o movimento podem ser criados de diferentes formas: por meio de representações 2D, 3D, contornos, silhuetas e pontos de luz (Thurman, et al. 2010, Blake & Shiffrar, 2007, Blakemore & Decety, 2001, Palmer, 1999, Aggarwal & Cai, 1999). Corpos com características similares realizando movimentos diversos podem ser agrupados numa mesma categoria, por exemplo, representações de corpos humanos realizando diferentes tipos de movimento (correndo, pulando e dançando) são frequentemente categorizadas como movimento biológico humano.

Um dos primeiros estudos a utilizar a terminologia 'movimento biológico' para o movimento aparente humano foi publicado em 1973. Johansson (1973) propôs uma nova forma de representação do movimento humano por adicionar um ponto de luz a cada um dos principais pontos de articulação do corpo (cabeça, ombros, cotovelos, mãos, quadril, joelhos e pés) e utilizar um fundo preto, de forma que apenas os pontos de luz das articulações pudessem ser vistos. O corpo e o tipo de movimento realizado (correr, andar e pular, por exemplo) podiam ser facilmente identificados pelos observadores durante o movimento. Esse tipo de representação do movimento humano permite eliminar outros tipos de variáveis do estímulo visual, como forma, cor e textura, de maneira que, pelo padrão dinâmico do movimento dos pontos, apenas a cinética do movimento do corpo seja evidenciada (Beauchamp, et al., 2003). Entretanto, se esta representação for considerada de forma estática (apenas um único quadro), o reconhecimento do corpo sendo representado pelo padrão dos pontos é dificultado.

A familiaridade com o tipo de movimento observado também influencia na percepção de movimento. Freyd (1983, 1987) sugere que durante a percepção do movimento, não apenas de estímulos com representação humana, mas de qualquer tipo de movimento natural e conhecido (a queda livre de uma bola ou as ondas do mar se quebrando na praia, por

exemplo), ocorre um pré-processamento dos instantes seguintes da ação. Freyd denomina esse fenômeno de *representational momentum*. Esse pré-processamento ocorre enquanto o individuo observa o desenrolar de uma ação, ou mesmo um único quadro representativo da ação. De acordo com essa teoria, o indivíduo seria capaz de antever e criar automaticamente imagens mentais com uma configuração preditiva dos momentos seguintes àquela ação, de maneira que, se os momentos seguintes não ocorrerem de acordo com o previsto, há uma quebra de expectativa.

Estudos que utilizaram estímulos com representação do movimento biológico por pontos de luz, por exemplo, mostraram que os indivíduos eram capazes de identificar não só o tipo de movimento sendo realizado, mas também o sexo e até mesmo a intenção de movimento do individuo sendo representado no estímulo (Mather & Murdoch, 1994; Grosjean et al, 2007, Blake & Shiffrar, 2007). Inferências feitas a partir da observação de outro corpo, como a intenção de ação, são muitas vezes explicadas pelas teorias de processamentos *Botton-Up* e *Top-Down* (Blake & Shiffrar, 2007). Visto que o indivíduo observador tem informações intrínsecas do próprio comportamento motor, ele usa esse conhecimento para inferir a intenção de ação de outro indivíduo (Thurman, et al. 2010; Blakemore & Decety, 2001). Esse é um aspecto cognitivo que torna a percepção do movimento biológico humano particularmente distinta de outros tipos de movimentos.

Um aspecto neuroanatômico e funcional que torna a percepção do movimento biológico humano distinta da percepção de outros tipos de movimento se baseia em achados anatomofuncional de áreas corticais preferencialmente responsivas a estímulos de representação humana. Uma região cortical com neurônios especialmente responsivos a ações motoras do próprio organismo, denominados de neurônios espelho, foi primeiramente descrita em estudos com primatas. Essas células estão principalmente dispostas na porção ventral do córtex pré-motor e na porção inferior do córtex parietal e se mostram ativas tanto quando o animal realiza uma ação quanto quando o animal observava um semelhante realizando a ação (Rizzolatti & Craighero 2004).

A percepção de outras categorias de movimento, generalizadamente denominadas de movimento não biológico, como formas abstratas e ferramentas, também é de interesse de diferentes estudos (Nather et al., 2013, Herrington et al, 2011, Beauchamp et al., 2003, Castelli et al., 2000). Uma característica visual que distingue a categoria dos estímulos de movimento biológico e não biológico é a articulação do corpo em movimento. O corpo

humano possui um padrão de movimento mais flexível e articulações com maior número de graus de liberdade, que se configuram em diversos padrões durante uma ação determinada, enquanto que formas abstratas e ferramentas apresentam um padrão de movimento mais rígido e pouco articulado (Beauchamp et al., 2003). Entretanto, a principal diferença entre estes dois tipos de movimentos é que a percepção do movimento não biológico não parece ser resultado de um processamento tão complexo quanto o processamento de percepção de movimento biológico humano (Freyd, 1983, 1987, Rizzolatti & Craighero, 2004, Beauchamp et al., 2002, 2003, Grosjean et al, 2007).

Estudos de neuroimagem sugerem ainda que algumas porções do córtex temporal lateral e ventral estão envolvidas no processamento de estímulos com representação de movimento (Herrington et al., 2011, Beauchamp et al., 2003, Grossman et al, 2000). É discutido que algumas áreas apresentam respostas mais acentuadas para movimentos biológicos e outras para movimento não biológico (Castelli et al., 2000, Grossman et al,2000, Grossman e Blake, 2001, Grèzes et al., 2001) . Os resultados de um estudo com ressonância magnética funcional (fMRI) indicaram que uma área do córtex temporal lateral, denominada sulco temporal superior (STS), apresentava respostas mais pronunciadas quando o individuo era exposto a um estimulo de movimento biológico do que quando exposto a um estímulo de movimento não biológico. Outra área, também localizada no córtex temporal lateral, denominada giro temporal medial (MTG) respondeu mais a estímulos com representações de movimento não biológico (ferramentas como martelo e serra, por exemplo) do que biológico (Beauchamp et al., 2003).

A área MT/V5 também é amplamente conhecida pela sua responsividade a estímulos visuais de movimento em geral (Perrone e Thiele, 2011, Williams e Wright, 2009, Liu e Newsome, 2005, Born e Bradley, 2005, Kourtzi e Kanwisher, 2000). Entretanto, Bueti, et al. (2008) e Shuler (2016) mostraram que essa área também desempenha um papel na percepção temporal. Bueti, et al. (2008) usou estimulação magnética transcraniana (TMS) para estudar os efeitos de uma estimulação do MT/V5 na percepção temporal. Os resultados encontrados apontaram que uma estimulação dessa área, durante uma tarefa de julgamento temporal utilizando diferentes tipos de estímulos, perturbou a percepção temporal. Visto que existe uma forte conectividade entre STS e MT/V5 (Lahnakoski et al., 2012), é possível propor a hipótese de que essas duas áreas compartilhem o processamento de informação temporal da mesma maneira que compartilham o processamento de informação visual de estímulos em movimento.

1.2. A Percepção de Tempo Frente a Estímulos de Movimento

Em 1995, um estudo de percepção de tempo usando estímulos que consistiam em representações de formas geométricas que se deslocavam por um caminho não linear e não demarcado mostrou uma correlação positiva entre a percepção dilatada do tempo e o aumento da velocidade das formas que compunham os estímulos (Brown,1995). Esses resultados foram discutidos levando-se em conta o modelo de relógio interno (Block, 1989; Treisman, 1963), em que um incremento na velocidade do estímulo poderia levar a um aumento na quantidade de pulsos gerados pelo *pacemaker*, portanto uma superestimação temporal. Posteriormente Kanai et al. (2006) propôs cinco experimentos com estímulos de naturezas diferentes (e.g. quadrado se movendo ao longo do eixo horizontal, pontos com movimentos randômicos em uma abertura na tela, *senoidal grating* e *flikering*). Neste estudo, entre outros achados, também foram encontradas correlações positivas entre a percepção aumentada de tempo e o aumento da velocidade dos estímulos. Além disso, para as diferentes durações dos estímulos foi encontrado um valor teto de velocidade, isto é, uma velocidade limite capaz de gerar um efeito de saturação para as estimações temporais. Kanai et al., (2006) argumentou que a superestimação temporal acontece para estímulos com maior velocidade, pois esses estímulos apresentam um maior número de mudanças ou eventos , os quais, de acordo com o proposto por Gibson (1975), tendem a ser superestimados em relação a estímulos com menor número de mudanças.

No que diz respeito à variação na velocidade aparente de um estímulo, uma das formas de se manipular esta variável é por meio do aumento ou diminuição na taxa de amostragem de quadros deste estímulo, por exemplo. No entanto, como cada quadro que compõe um vídeo de representação dinâmica do movimento apresenta alterações espaciais da posição do corpo em relação ao quadro anterior e seguinte (Palmer, 1999), pode-se afirmar que um estímulo com maior velocidade (ou maior taxa de amostragem) apresenta um maior número de mudanças. De acordo com Gibson (1975), estímulos com maior taxa de amostragem de quadros (ou maior velocidade aparente) geram julgamentos temporais superestimados (Sasaki, et al, 2013).

A percepção de tempo também foi estudada utilizando estímulos com representação estática do movimento biológico humano. Nather e Bueno (2011) estudaram a relação entre a percepção de movimento e a percepção de tempo usando representações estáticas de

movimentos biológicos (fotografias das esculturas das bailarinas de Edgar Degas). As fotografias utilizadas neste estudo representavam diferentes posições do corpo da bailarina, a sugestão de movimento ou o movimento implícito de cada posição variava entre as imagens. Os resultados deste estudo mostraram que imagens com maior representação de movimento eram temporalmente superestimadas em relação à duração física da apresentação do estímulo, ao passo que imagens com menor representação de movimento eram subestimadas. As imagens utilizadas por Nather e Bueno (2011) tinham sido previamente pontuadas em uma escala hedônica de movimento de sete pontos. No contexto deste último estudo, maior representação de movimento significava a representação de um movimento mais complexo, onde o corpo da bailarina assumia uma posição de menor equilíbrio, ou maior assimetria. O estímulo com menor representação de movimento significava uma posição mais equilibrada ou simétrica do corpo da bailarina.

Os estudos até aqui citados na área de percepção de tempo e movimento utilizaram o paradigma de reprodução temporal, no qual o participante reproduz um intervalo de tempo experienciado. Essa reprodução dá-se com o pressionar de um botão pelo tempo que o participante julga ter percebido o intervalo, ou o participante pressiona o botão para iniciar a estimação temporal e o pressiona novamente para finalizar a reprodução, por exemplo. Apesar de intuitiva, pode-se questionar se a forma como os participantes reproduzem o intervalo experienciado poderia afetar a reprodução temporal. Por exemplo, se ao invés do participante reproduzir a duração percebida apertando um botão, ele pudesse imitar o movimento observado pelo tempo percebido, as duas formas de aquisição da resposta temporal apresentariam o mesmo resultado? Gavazzi et al., 2013 realizou um experimento afim de responder essa pergunta. Em seu estudo, os estímulos utilizados não representavam a forma do movimento biológico humano e não biológico, mas suas cinemáticas, e a reprodução temporal era realizada tanto pressionando uma tecla, quanto movimentando o braço entre dois pontos fixos de maneira a imitar a cinemática do movimento observado. Os resultados mostraram que não há diferenças significativas no tempo reproduzido utilizando estas duas formas diferentes de reprodução temporal.

2. Objetivos e Hipóteses

Visto que os estímulos visuais de movimento aparente – biológico e não biológico – possuem propriedades intrínsecas distintas e são preferencialmente processados em regiões corticais diferentes – STS e MTG, respectivamente – é plausível que a percepção de tempo para estímulos com representação do movimento biológico entre diferentes taxas de amostragem de quadros (consequentemente, diferentes velocidades aparente) seja diferente da percepção para estímulos de movimento não biológico nas mesmas condições. O presente estudo teve por objetivo principal verificar como a percepção temporal varia para estímulos com representação do movimento biológico (silhueta humana correndo) e não biológico (barra rotacionando) entre diferentes taxas de amostragem de quadros. A hipótese de trabalho é que o tempo percebido para estímulos de movimento biológico são superestimados em relação aos estímulos de movimento não biológico, visto que estímulos de movimento biológico humano demandam um processamento mais complexo (Rizzolatti & Craighero 2004).

Beauchamp, et al., (2003) comparou a resposta de regiões encefálicas utilizando estímulos estáticos ou dinâmicos do movimento biológico e não biológico com velocidade aparente fixa. Porém, nenhum estudo mostrou o padrão da resposta fisiológica frente a estímulos de movimento biológico e não biológico utilizando variações na velocidade aparente do estímulo por meio de alterações nas taxas de amostragem de quadros. Além disso, nenhum estudo relacionou essas respostas fisiológicas a respostas comportamentais de percepção temporal. Considerando os resultados positivos no primeiro experimento, o objetivo secundário deste estudo foi verificar as respostas corticais hemodinâmicas de áreas envolvidas no processamento de estímulos visuais do movimento biológico (STS) e não biológicos (MTG) utilizando o equipamento e técnicas de Espectroscopia de infravermelho-próximo (*Near-Infrared Spectroscopy* - NIRS). Nesta etapa, esperou-se encontrar uma maior amplitude na resposta hemodinâmica na região STS durante os intervalos em que são apresentados os estímulos de movimento biológico, e uma maior amplitude na resposta hemodinâmica na região MTG durante a apresentação de estímulos de movimento não biológicos, de acordo com Beauchamp, et al., (2003). A hipótese referente às medidas funcionais adquiridas com o NIRS é que as áreas STS e MTG podem estar relacionadas ao processamento temporal, considerando que a percepção temporal do movimento biológico se

diferencia da percepção temporal do movimento não biológico e a informação desses estímulos são processadas preferencialmente por regiões corticais distintas. Portanto, se essas áreas estiverem relacionadas com a percepção temporal, é esperado observar uma correlação entre a mudança da resposta hemodinâmica e a resposta comportamental de estimação temporal.

3. Métodos

O paradigma prospectivo[1] de reprodução temporal e o delineamento da tarefa deste experimento foram empregados similarmente aos experimentos descritos em Nather & Bueno (2011), Kanai et al (2006) e Brown (1995), utilizando uma duração fixa da escala intervalar de 15 segundos (Buhusi & Meck, 2005) para a apresentação dos estímulos (**Anexo A**).

O estudo foi dividido em um experimento piloto (**Anexo A**) e dois experimentos principais. Nos experimentos principais foram utilizados estímulos com representação estroboscópica do movimento biológico humano e não biológico (**Anexo B**). O primeiro experimento principal teve por finalidade explorar a percepção temporal frente às diferentes taxas de amostragem de quadros, baseando-se nos resultados do estudo piloto (**Anexo A**). No segundo experimento foram utilizadas as mesmas tarefas e estímulos do primeiro experimento principal (grupo B), porém os indivíduos realizaram a tarefa enquanto a atividade cortical hemodinâmica de cada um foi adquirida utilizando a técnica de NIRS.

3.1. Experimento I

Participaram do Experimento I trinta estudantes da Universidade Federal do ABC, com visão normal ou corrigida, saudáveis e com idade entre 18 e 31 anos (16 homens). Os participantes foram divididos em dois grupos experimentais aleatoriamente, sendo o primeiro grupo composto por 15 estudantes (Grupo A), sete homens (idade média: 23,2 ± 3,4) e o segundo, por outros 15 estudantes (Grupo B), nove homens (idade média: 21,9 ± 3,5).

[1] Diferente do paradigma retrospectivo, no qual o participante não é informado a priori sobre a natureza de estimação temporal da tarefa, no paradigma prospectivo, o participante é informado previamente de que a tarefa envolve algum tipo de estimação temporal. Portanto, as estratégias utilizadas para estimar o tempo diferem entre os dois paradigmas.

3.1.1. Materiais

O experimento foi realizado em uma sala de experimentação que continha um computador desktop modelo DELL *Optiplex* 9010 com a tela de 23 polegadas, teclado e mouse convencionais. O procedimento para exibição de estímulos e coleta dos dados foi implementado no software *E-prime 2.0 Professional.*

3.1.2. Estímulos

Duas categorias de estímulos, movimento não biológico (barra rotacionando - NBio) e movimento biológico (silhueta humana correndo - Bio), foram implementadas neste experimento. Doze quadros diferentes compunham a sequência de estímulos NBio, cada quadro apresentava um retângulo posicionado com seu eixo fixo no centro da tela – o vídeo apresentava o retângulo realizando um movimento rotacional em torno do eixo fixo. Os quadros que compuseram as sequências de estímulo de movimento biológico humano foram formados por doze imagens distintas, contendo a representação da silhueta de um corpo humano em diferentes posições de corrida. **(Anexo B).**

A apresentação dos estímulos foi dividida em dez blocos, cada bloco continha dez tentativas, e cada tentativa continha um vídeo-estímulo de cada uma das dez condições – cinco Bio e cinco NBio (**Tabela 1**) – apresentados por 15s. Cada condição foi apresentada em ordem randomizada. Ao final do experimento o participante havia assistido e reproduzido dez vezes a duração de cada uma das condições (**Figura 2**).

	Condições	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Grupo A	**Taxa de Amostragem (qps)**	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
	Condições	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Grupo B	**Taxa de Amostragem (qps)**	0,2	0,4	6,4	12,8	25,6

Tabela 1: Características das sequências do estímulo de movimento não biológico (barra) e movimento biológico (silhueta humana).

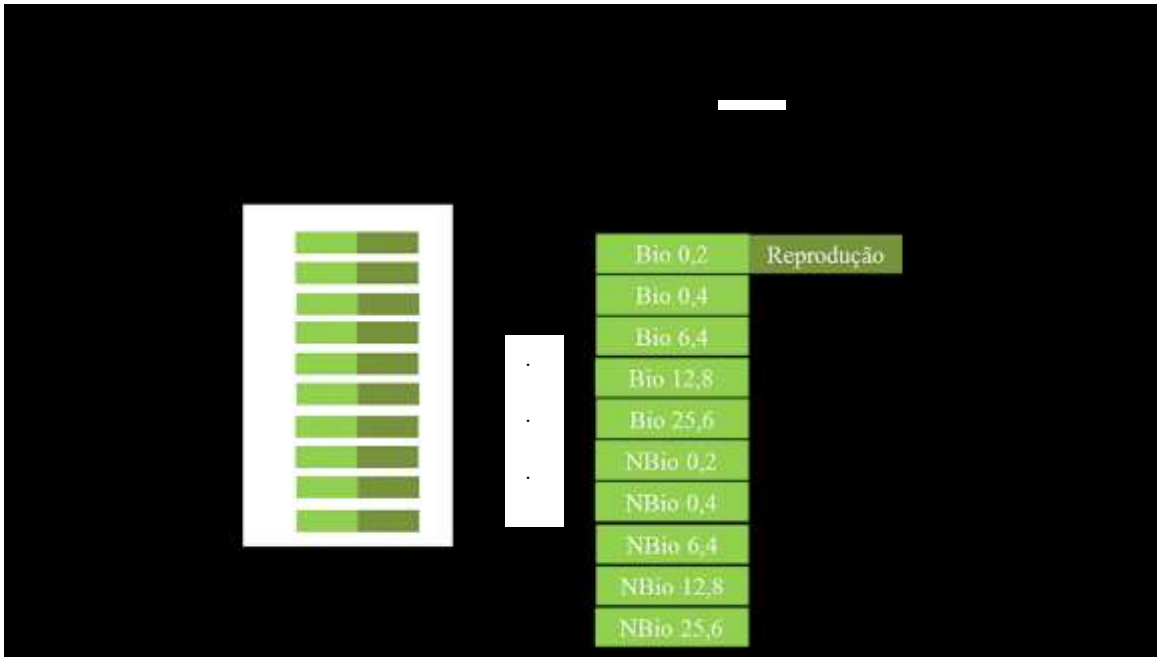


Figura 2: Representação da estrutura do código de apresentação da tarefa. vídeo-estímulo de 15s, tempo para reprodução da duração do vídeo.

Aos indivíduos do grupo A, foram apresentadas como estímulos as condições de 1 a 5 das categorias Bio e NBio e, aos indivíduos do grupo B, as sequências de 6 a 10 também das duas categorias (**Tabela 1**).

3.1.3. Procedimento

Os participantes foram conduzidos até a sala de experimentação e instruídos a se posicionarem em frente do computador, a aproximadamente 50 cm da tela. Depois de acomodado, o participante leu e assinou o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE – modelo A) **(Anexo E)** e o experimentador deu as instruções quanto ao procedimento de realização da tarefa**.** As instruções dadas aos participantes seguiram o modelo:

"Você está participando de um estudo de percepção de tempo e movimento, você assistirá alguns vídeos e deverá reproduzir a duração dos mesmos. Todas as instruções a respeito de como reproduzir a duração dos vídeos serão apresentadas a você durante a tarefa, mas resumidamente: você verá algumas telas de instruções iniciais e o primeiro vídeo será iniciado assim que você apertar a tecla espaço, após ter lido as instruções da tela. Assim que a apresentação do vídeo for finalizada você deverá apertar a tecla 'A' para iniciar a reprodução do tempo. Durante o registro da passagem do tempo, feito pelo computador, você verá uma cruz preta no centro da tela. Quando você julgar que o tempo decorrido desde que você apertou a tecla 'A', foi equivalente ao tempo que durou o vídeo que você assistiu, aperte a tecla 'L' para finalizar contagem do tempo. Quando estiver preparado para assistir ao vídeo seguinte, aperte a tecla 'Espaço'".

Todos os indivíduos foram treinados antes do inicio da tarefa. O treino foi composto por três vídeos com representação de formas geométricas (**Anexo B**). Cada vídeo-treino teve cinco segundos de duração e o participante reproduziu o tempo percebido. A seguir, duas categorias de estímulos (Bio e NBio) foram apresentadas randomicamente para cada indivíduo. Cada indivíduo assistiu e reproduziu a duração de cada estímulo dez vezes e todas as tentativas foram randomizadas no início de cada bloco. Ao final do experimento o participante preencheu uma folha de entrevista como apresentado no **Anexo C – Experimento I**. A entrevista teve por finalidade a padronização da amostra de indivíduos por idade, acuidade visual e estado de saúde.

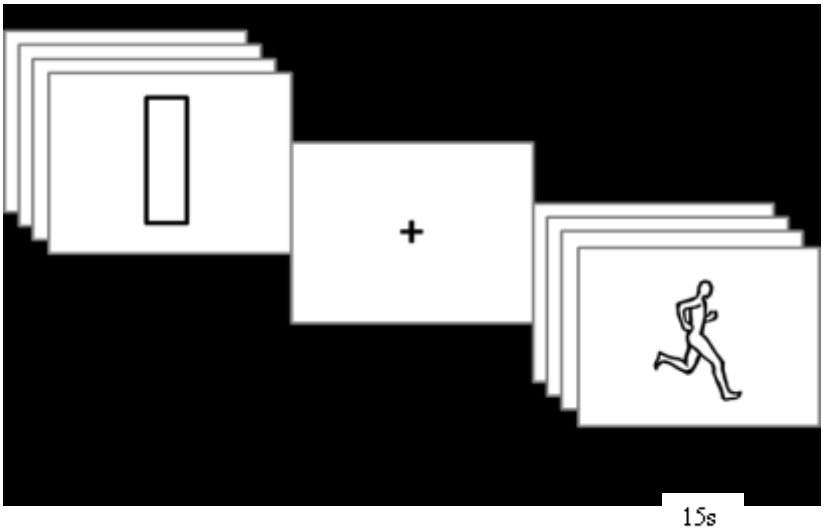


Figura 3: Representação esquemática de um ciclo completo da tarefa de estimação temporal entre dois estímulos.

3.1.4. Resultados

As médias da reprodução temporal em cada condição para cada estímulo do grupo A podem ser observadas na **Tabela 2** e **Figura 4**. A média para cada um dos participantes foi obtida pela média interna – calculada após a exclusão do maior e menor valor individual em cada condição. As barras de erro representam o erro padrão e a linha pontilhada é o melhor ajuste linear aos dados.

Grupo A					
Taxa de Amostragem (qps)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
NBio (s)	12,28±2,43	12,54±2,44	12,80±2,02	13,28±1,91	13,32±2,01
Média ± Desvio Padrão					
Bio (s)	12,46±2,49	12,46±2,24	12,83±2,07	13,35±2,36	13,38±2,26

Tabela 2: Média e desvio padrão da reprodução temporal do grupo A para cada condição Bio e NBio em segundos.

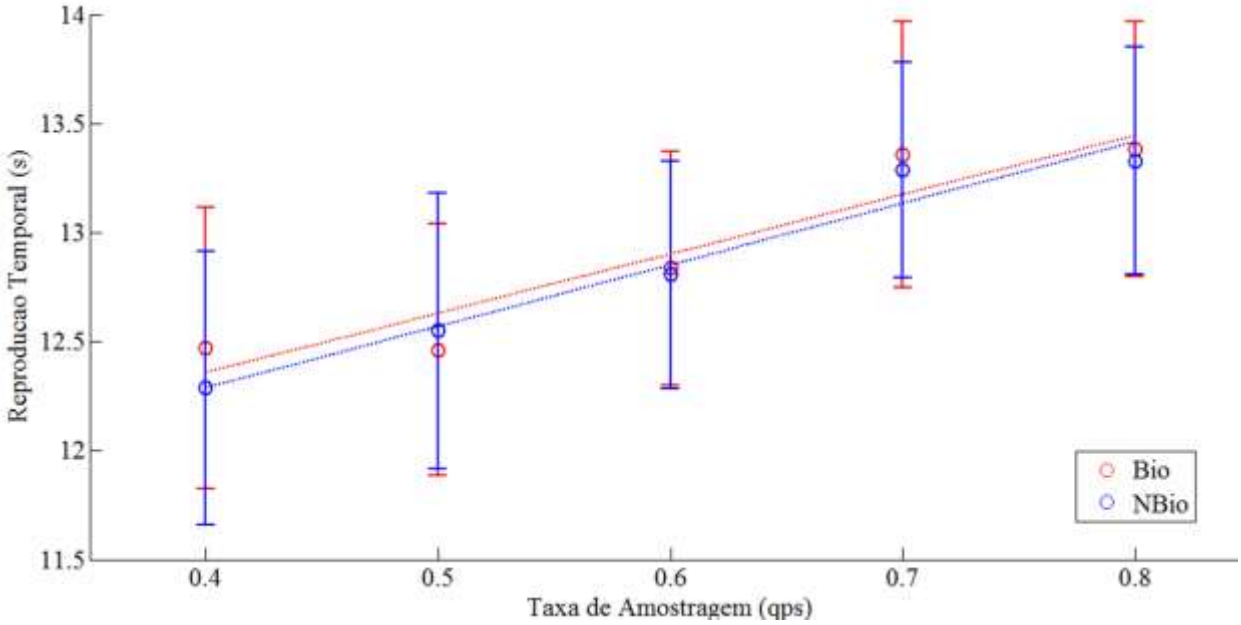


Figura 4: Média e erro padrão da reprodução temporal dos estímulos Bio e NBio do grupo A.

Os dados de reprodução temporal do Grupo A mostram uma correlação positiva entre o intervalo médio reproduzido e a taxa de amostragem de quadros (**Figura 4**). Para cada participante foi calculado o coeficiente de correlação entre pontos de movimento Bio e NBio e a taxa de amostragem de quadros, e feito o teste de Wilcoxon para uma amostra (Bio e NBio) e para amostras pareadas (Bio/NBio). O coeficiente de correlação médio para NBio foi 0,61, std = 0,33; signedrank= 118, $p<0,001$. Coeficiente de correlação médio para Bio =0,44, std= 0,47; signedrank=106, p=0,006. A comparação entre as duas categorias (Nbio e Bio) indicou que não houve diferenças significativas entre movimento biológico e movimento não biológico para estas correlações, z-val=-1,59, p=0,112.

Os resultados do grupo B podem ser observados na **Tabela 3** e **Figura 5**. Os pontos representam as médias, as barras de erro representam o erro padrão e as curvas pontilhadas representam o modelo ajustado aos dados.

Grupo B					
Taxa de Amostragem (qps)	0,2	0,4	6,4	12,8	25,6
NBio (s)	14,56±1,36	14,79±1,21	15,13±1,80	15,43±2,05	15,58±1,86
Média ± Desvio Padrão					
Bio (s)	14,63±0,77	14,82±1,32	16,09±1,95	16,03±1,92	15,91±1,79

Tabela 3: Média e desvio padrão da reprodução temporal dos estímulos Bio e NBio do grupo B em segundos.

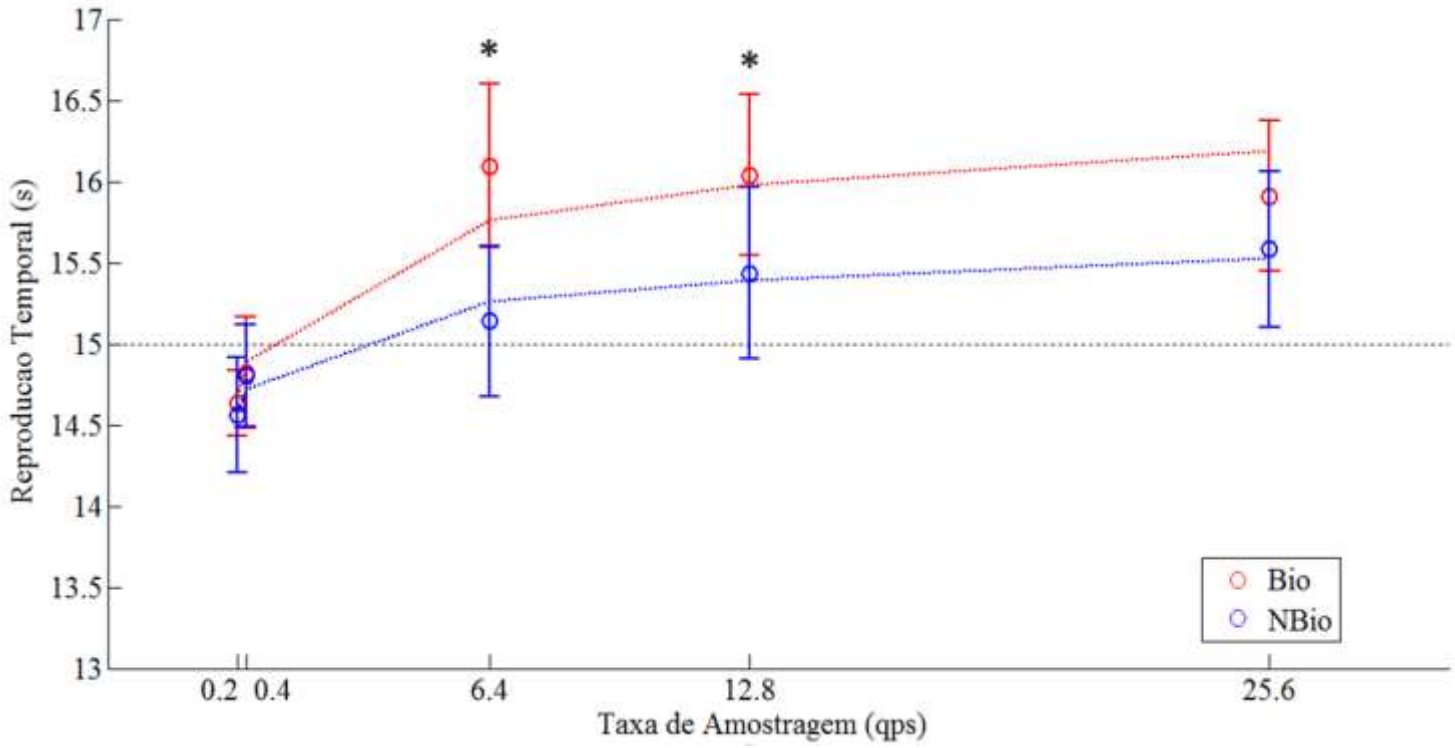


Figura 5: Média e erro padrão da reprodução temporal e modelo ajustado aos pontos dos estímulos Bio e NBio do grupo B.

Os dados do Grupo B indicam que para taxas de amostragem baixas (0,2 e 0,4 qps) a tendência é de subestimação da duração do estímulo com relação à duração real (15s), enquanto que para taxas de amostragem mais altas (6,4, 12,8 e 25,6 qps), a tendência é de superestimação com relação à duração real, para ambas as categorias. Embora para os valores mais extremos de taxas de amostragem (25,6 qps) as estimações temporais sejam próximas entre as duas categorias (Bio e NBio), os valores de reprodução temporal se distanciam em valores intermediários das taxas de amostragem (6,4 e 12,8 qps). Um Modelo Linear Geral de medidas repetidas foi aplicado aos dados. A análise teve dois fatores: tipo de movimento – Bio/NBio (dois níveis) e taxa de amostragem - 0,2; 0,4; 6,4; 12,8; 25,6 (cinco níveis). Resultado do teste de efeito entre participantes para tipo de movimento: $F(1,14)=6,58$, $p=0,02$, e para as taxas de amostragem: $F(4,56)=5,62$, $p=0,01$. Foi encontrado também um efeito de interação entre categorias e taxa de amostragem de quadros: $F(4,56)=2,94$, $p=0,02$. A análise de comparação entre as taxas (Wilcoxon para amostras pareadas) mostrou que a diferença entre os tipos de movimento (Bio e NBio) era significativa para as taxas de amostragem 6,4 qps: z-val=-2,61, $p<0,01$ e 12,8 qps: z-val=-2,51, $p=0,01$, considerando para o post-hoc um nível de significância para correção por múltiplas comparações de $\alpha/5\leq0,01$.

Os dados do grupo B foram ajustados a um modelo simplificado e com menos parâmetros que o modelo usado por Kanai et al., (2006), definido por:

$$y=\alpha+\beta.\log(x)$$

O parâmetro α indica o valor de y(0) e o parâmetro β indica o formato da curva. O modelo foi ajustado ao conjunto de dados NBio: α =14.9, β =0,19 e r^2=0,96 e Bio: α =15.2, β=0,31 e r^2=0,90. Foram calculados os parâmetros α e β para cada participante em cada tipo de movimento e comparado os αs Bio/NBio e βs Bio/NBio por um teste de Wilcoxon para amostras pareadas. Os resultados indicaram que as curvas para Bio e NBio não são diferentes em relação ao parâmetro α, mas diferem em relação ao parâmetro β, indicando que o formato das duas curvas são distintos - αs Bio/NBio: z-val=-2,27, p=0,82 e βs Bio/NBio: z-val=-2,33, p=0,02.

A taxa de amostragem 0,4 foi utilizada como estímulo para os grupos A e B e apresentou diferença na magnitude da resposta comportamental entre os dois grupos. Foi usado um teste não paramétrico Mann-Whitney para amostras não pareadas para comparar o tempo reproduzido entre os grupos A e B para a taxa 0,4 do movimento Bio: T(15)=299, p=0,006 e NBio: T(15)=298, p=0,007.

3.1.5. Discussão

Os resultados do experimento I estão de acordo com os estudos da literatura (Kanai et al., 2006; Brown, 1995), em que o aumento da velocidade aparente por meio do aumento da taxa de amostragem de quadros gera o efeito de superestimação temporal. O modelo ajustado aos dados permite inferir uma saturação da curva de reprodução temporal para taxas de amostragem de quadros mais elevadas. Kanai et al., (2006) mostrou um resultado similar a este para intervalos de tempo de milissegundos. Entretanto, neste experimento a taxa de amostragem dos estímulos de movimento biológico e não biológico alteram não somente a velocidade aparente do estímulo, mas também a sua naturalidade ou plausibilidade. Portanto, no segundo experimento principal a percepção de naturalidade e intensidade do movimento também foram incluídas como variáveis de controle da percepção de movimento.

A magnitude do efeito de distorção temporal para a taxa de amostragem de 0,4 qps diferiu significativamente entre os grupos A e B. Para o grupo A, as condições de taxas de amostragem eram baixas e próximas, variando de 0,1 qps entre condições vizinhas, enquanto para o grupo B, havia taxas de amostragem mais baixas que 0,4 e taxas de amostragem de até 25,6 qps. Portanto, a diferença na magnitude do efeito da distorção temporal entre os dois grupos pode estar relacionada ao contexto (outras condições de taxa de amostragem) no qual o estimulo de 0,4 qps estava inserido. Nenhum dos estudos referenciados neste trabalho reportou efeitos de contexto na percepção temporal, portanto a hipótese de que o contexto pode alterar a magnitude da percepção temporal para uma mesma velocidade aparente deve ser testada em estudos futuros.

Os resultados do grupo A mostram que não há diferenças significativas entre as categorias de estímulos para taxas de amostragem baixas (entre 0,4 e 0,8 qps). Considerando que cada quadro é uma imagem estática – sendo que para os intervalos mais baixos dos dois grupos (A e B) cada quadro tem duração de 1,25 à 5s – mesmo as representações do movimento biológico em posições de corrida não causaram um efeito de superestimação do estímulo com relação à duração real, o que difere do que foi encontrado por Nather & Bueno (2011). Essa diferença pode ser explicada pelo fato das características das imagens que compunham os estímulos usados neste experimento e no experimento de Nather & Bueno (2011) serem diferentes. Nather & Bueno (2011) utilizaram fotografia de bailarinas em

diferentes posições de passos de balé. As fotografias mantinham as informações de tridimensionalidade, textura e detalhes das esculturas, enquanto que as imagens utilizadas neste experimento eram contornos menos detalhados e bidimensionais do corpo humano. Além disso, as imagens representavam posições de corrida e não passos de dança, dessa forma a familiaridade com o tipo de movimento representado também diferiu entre os estudos, visto que neste experimento não havia nenhum participante que tivesse treinamento formal em dança. A familiaridade também é um fator capaz de distorcer a percepção temporal (Eagleman, 2008, Fernandes & Garcia-Marques, 2012), portanto esse pode ter sido um motivo pelo qual os resultados para os estímulos de baixa taxa de amostragem diferissem dos achados de Nather & Bueno (2011). Entretanto, o resultado encontrado no primeiro experimento (grupo A e B) para as taxas de amostragem baixas está de acordo com a hipótese inicial, visto que menor taxa de amostragem de quadros representa menor velocidade aparente e, consequentemente, menor número de mudanças (ou menor número de quadros apresentados) em um mesmo intervalo de tempo, portanto levando a subestimação temporal (Gibson, 1975).

Os dados do grupo B mostram que para taxas de amostragem de quadros intermediárias (6,4 e 12,8 qps) há uma diferença significativa na percepção temporal entre estímulos de movimento biológico e não biológico, de acordo com a hipótese principal deste estudo. Portanto, para comparar a resposta cortical hemodinâmica com a percepção temporal distinta entre movimento biológico e não biológico, o segundo experimento usou o mesmo paradigma e os mesmos estímulos do experimento I em uma tarefa de reprodução temporal acompanhada da aquisição da resposta cortical hemodinâmica de regiões de interesse utilizando o NIRS.

3.2. Experimento II

Vinte e sete estudantes universitários participaram deste experimento. Porém, devido à qualidade dos dados hemodinâmicos verificados durante o pré-processamento ou o não enquadramento nos pré-requisitos do estudo, foram incluídos nas análises os dados de 17 indivíduos (9 homens). Todos os 17 participantes eram estudantes universitários da Universidade Federal do ABC de diferentes cursos e com idade média de 23,0 ±3,7 anos, com visão normal ou corrigida, destros e saudáveis.

3.2.1. Materiais

O experimento foi realizado na sala de Neuropsicologia II, no laboratório de cognição humana. Foram utilizados dois computadores desktop, modelo *DELL Optiplex 9010* com a tela de 23 polegadas para apresentação do estímulo e para o registro e acompanhamento da aquisição dos dados. O aparelho de NIRS, modelo *NIRScout 16x16 S/N: 073*. O software usado para exibição de estímulos e coleta dos dados comportamentais foi o Matlab R2013a, e para a aquisição dos dados hemodinâmicos, NIRStar14-2.

As regiões de interesse (ROIs) deste estudo foram delimitadas com base em estudos de fMRI (Beauchamp, et al., 2002, 2003, e Witt, et al., 2008) e compreenderam as regiões STS e MTG. As coordenadas de todos as ROIs foram definidas no sistema de coordenadas neuroanatomicas Talairach, e a conversão das coordenadas das ROIs para canais de interesse no NIRS (sistema 10-10) foram baseadas na tabela de conversão sugerida pelo estudo de meta-analise de Koessler, et al. (2009) (**Tabela 4**). A configuração final da touca dispôs de 14 emissores e 16 detectores, formando 43 canais (**Figura 6**).

Sistema de Coordenadas Talairach		Coordenadas de Interesse (Beauchamp, et al., 2003; Witt, et al., 2008)			Opções de canais encontrados para cada região (Koessler, et al. 2009)			
Região de Interesse	**Lado**	**X**	**Y**	**Z**	**Canal**	**X**	**Y**	**Z**
Giro Temporal Médio (MTG)	**Esquerda**	-50	-62	-6	P7	−55.9±4.5	−64.8±5.3	0.0±9.3
					TP7	−63.6±4.5	−44.7±7.2	−4.0±6.6
	Direita	45	-63	-9	TP8	64.6±3.3	−45.4±6.6	−3.7±7.3
					P8	56.4±3.7	−64.4±5.6	0.1±8.5
Sulco Temporal Superior (Posterior)	**Esquerda**	-39	-59	15	P7	−55.9±4.5	−64.8±5.3	0.0±9.3
					P5	−52.7±5.0	−67.1±6.8	19.9±10.4
	Direita	47	-56	15	P6	54.4±4.3	−65.3±6.0	20.2±9.4
					P8	56.4±3.7	−64.4±5.6	0.1±8.5
Área Suplementar Motora (SMA)	**Central**	-4	-8	52	FCz	1.0±5.1	1.0±8.4	72.8±6.6
Córtex Sensório Motor bilateral (bSmC)	**Esquerda**	-38	-26	50	C1	-25.1±5.6	-22.5±9.2	70.1±5.3
	Direita	36	-22	54	C2	26.7±5.3	-20.0±9.1	69.5±5.2

Tabela 4: Coordenadas correspondentes aos canais das ROIs no NIRS no sistema 10-10. Região de interesse principal, região de interesse secundária.

Além das ROIs principais, STS e MTG, a configuração final da touca também contemplou canais sobre a Área Suplementar Motora (SMA, do inglês) e do Córtex Sensório Motor bilateral (bSmC, do inglês). A aquisição da resposta hemodinâmica nestas últimas áreas foi simplesmente exploratória, visto que essas regiões também são descritas como parte do sistema de neurônios espelho e, portanto, podendo apresentar variações da resposta hemodinâmica durante a visualização dos estímulos de movimento biológico humano.

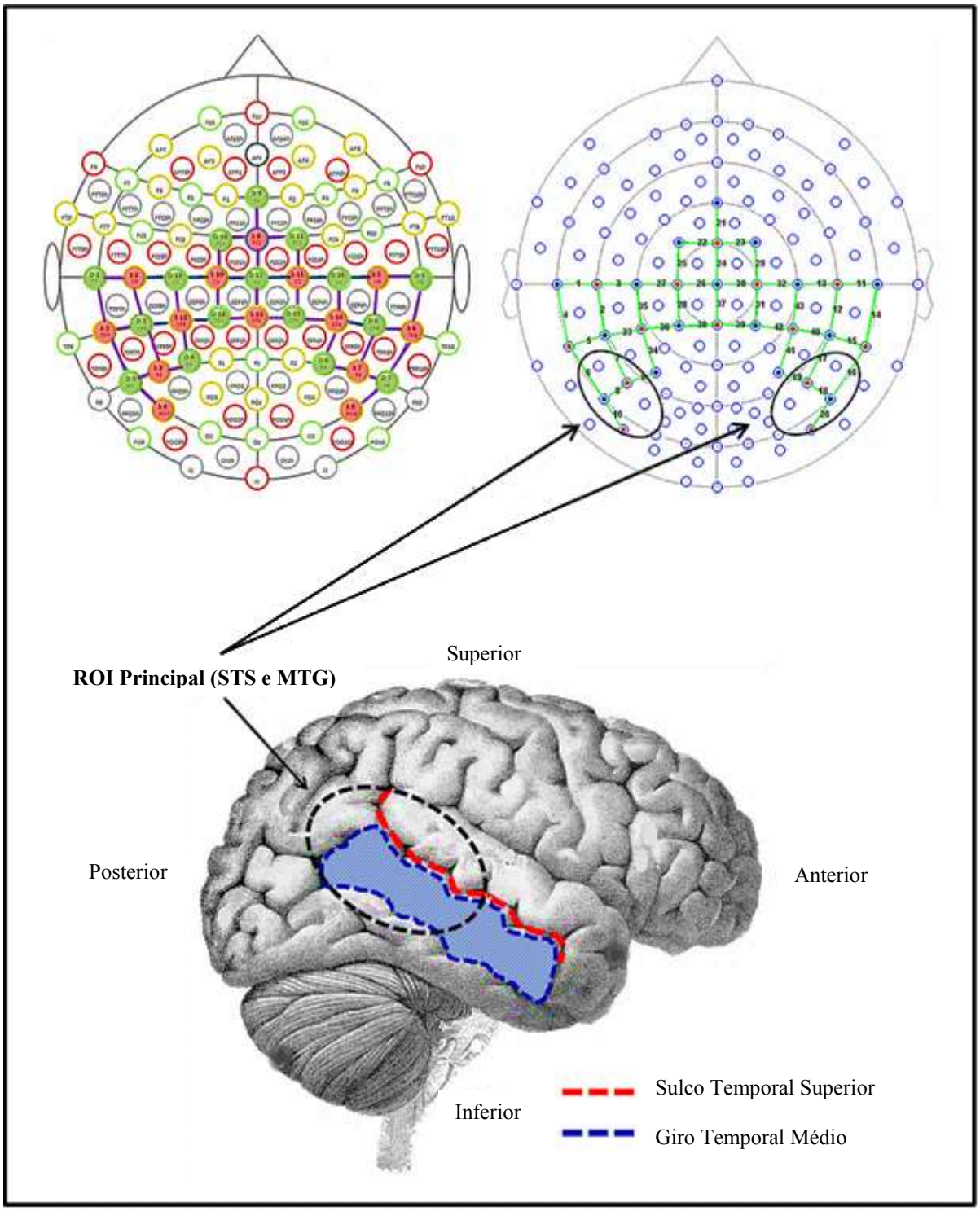


Figura 6: Superior: configuração dos canais da touca do NIRS (sistema 10-10) de acordo com as ROIs. :emissor : detector. Inferior: ilustração da ROI no encéfalo humano [Adaptado de * e **]

3.2.2. Estímulos

As mesmas duas categorias de estímulos, Bio e NBio do experimento I grupo B, foram implementadas neste experimento. Cada categoria foi composta por cinco vídeos diferentes, todos com duração de quinze segundos (15s) e taxas de amostragem de quadros de 0,2; 0,4; 6,4; 12,8; 25,6 qps. Neste experimento cada participante assistiu e reproduziu o tempo de cada um dos cinco estímulos Bio e cinco NBio seis vezes e a apresentação dos estímulos foi feita em ordem randomizada (**Figura 7**).

Todos os indivíduos foram treinados antes do inicio da tarefa. O treino foi composto por três vídeos com representação de formas geométricas. Cada vídeo-treino teve cinco segundos de duração e o participante reproduziu o tempo percebido, assim como no experimento I.

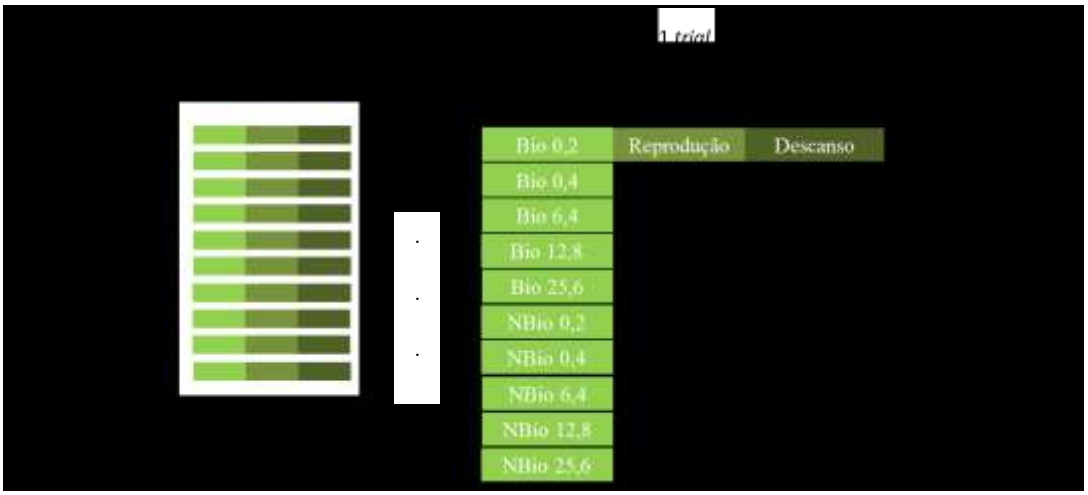


Figura 7: Representação da estrutura do código de apresentação da tarefa. vídeo-estímulo de 15s, tempo para reprodução da duração do vídeo e descanso de 15s.

3.2.3. Procedimento

Os participantes selecionados para esse experimento se enquadravam nos seguintes critérios de inclusão: jovens-adultos (17-30 anos); saudáveis (sem histórico de distúrbios psiquiátricos ou neurológicos); não usuários de nenhum tipo de medicamento/ tratamento crônico e destros.

Além de se enquadrarem no perfil de inclusão para o estudo, os participantes eram instruídos a seguir algumas recomendações antes da participação no experimento (as recomendações foram similares as utilizadas no estudo de Soshi et al (2010), com exceção do tempo de resguardo). As informações referentes ao preparo para o experimento eram enviadas a todos os participantes com, pelo menos, um dia de antecedência da data agendada para coleta. As informações eram as seguintes:

1 - O tempo médio total do experimento é de 80-90min. A primeira etapa da coleta consiste no preenchimento do termo de consentimento, teste de lateralidade e preenchimento das escalas de movimento.

2 - A segunda etapa do experimento consiste na aquisição dos dados comportamentais e hemodinâmicos (com o NIRS) – essa etapa dura em torno de 50-60 minutos – e entrevista.

3 - Peço que evite fumar, ingerir cafeína, açúcares ou bebidas alcoólicas nas duas horas que antecedem o início do experimento.

4 - Procure vir descansado, com roupas confortáveis e cabelos secos (pode ser utilizado gel de ultrassom durante a etapa de calibração do NIRS – o gel pode ser facilmente removido durante a lavagem dos cabelos. A lavagem pode ser feita ao termino do experimento no laboratório 109 do bloco Delta).

5 - Se você usa lentes corretivas de contato ou óculos, por gentileza, trazer e utilizar durante a tarefa.

Os participantes foram instruídos a manter o preparo antes da coleta. No dia do experimento, os participantes foram conduzidos até a sala de experimentação e instruídos a se posicionarem a frente do computador a, aproximadamente, 50 cm da tela. Os participantes leram e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE – modelo B) **(Anexo E).** Enquanto os participantes preenchiam e assinavam o TCLE, a touca para a coleta dos dados hemodinâmicos com NIRS era montada pelo experimentador nas cabeças-molde de isopor, de acordo com a numeração adequada para a circunferência da cabeça do participante e a configuração indicada na **Figura 6**.

Após o preenchimento do TCLE, os participantes preencheram a escala de lateralidade, adaptada do Inventário de Dominância Lateral de Edimburgo (Oldfield, 1971), e realizaram a tarefa de classificação dos vídeos em quantidade ou intensidade de movimento e naturalidade. A tarefa de classificação dos vídeos foi feita por meio de três apresentações de cada um dos estímulos de movimento Bio e NBio nas cinco taxas de amostragem apresentadas na **Tabela 5** e preenchimento da escala de movimento e naturalidade para cada um dos vídeos apresentados. As escalas de quantidade ou intensidade de movimento apresentavam onze partições (de 0 a 10), de forma que 0 (zero) indicava completa ausência de movimento e 10 (dez) o máximo de movimento. A escala de naturalidade/plausibilidade do movimento apresentava três partições: 'mais lento que o natural', 'natural', 'mais rápido que o natural' (**Anexo F**). Os critérios para o preenchimento das escalas eram subjetivos e os participantes eram informados de que não havia resposta correta ou errada para as escalas. Após o preenchimento das escalas de lateralidade o experimentador fixava a touca do NIRS na cabeça do participante, ajustava a posição com auxilio de uma fita métrica e calibrava os canais.

A tarefa principal do experimento consistiu na reprodução temporal da duração dos vídeos, similarmente à tarefa do experimento I. Entretanto, para adaptar o paradigma de aquisição das respostas hemodinâmicas pelo NIRS, foi introduzido um intervalo de descanso de quinze segundos (15s) entre a reprodução temporal de um estímulo e o início do estímulo seguinte. As etapas da tarefa estão esquematizadas na **Figura 7** e **Figura 8.**

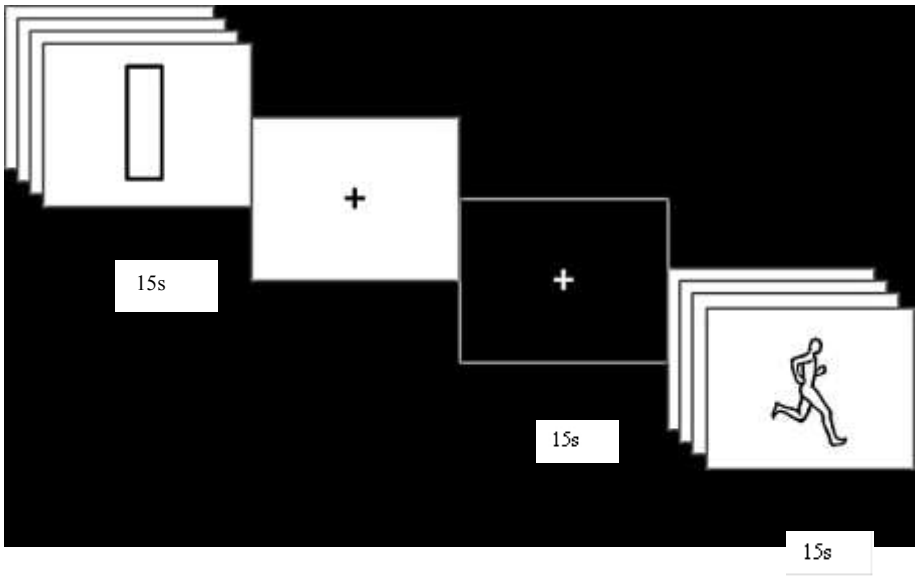


Figura 8: Representação esquemática de um ciclo completo da tarefa de estimação temporal entre dois estímulos.

Os participantes foram instruídos a respeito do procedimento da tarefa de reprodução temporal. A instrução dada pelo experimentador seguiu o modelo abaixo:

> *"Você está participando de um estudo de percepção de tempo e movimento, você assistirá alguns vídeos e deverá reproduzir a duração dos mesmos. Todas as instruções a respeito de como reproduzir a duração dos vídeos serão apresentadas a você durante a tarefa, mas resumidamente: você verá algumas telas de instruções iniciais e o primeiro vídeo será iniciado assim que você apertar a tecla espaço, após ler as instruções da tela. Assim que a apresentação do vídeo for finalizada você deverá apertar a tecla "A" para iniciar a contagem do tempo. Durante a contagem, feita pelo computador, você verá uma cruz preta no centro da tela. Quando você julgar que o tempo decorrido desde que você apertou a tecla "A", foi equivalente ao tempo que durou o vídeo que você assistiu, aperte a tecla "L" para finalizar contagem do tempo. Assim que você finalizar a reprodução temporal as cores da tela serão invertidas e ficarão nesta configuração durante alguns segundos, então, automaticamente, o próximo vídeo será iniciado.*

Os participantes realizaram a tarefa-treino de maneira similar ao experimento I. Após o treino, os participantes eram questionados sobre possíveis dúvidas quanto ao procedimento e eram novamente instruídos no caso de dúvidas. Ao final do experimento, para informações sobre a homogeneidade da amostra, os participantes preencheram a folha de entrevista como apresentado no **Anexo C – Experimento II.**

3.2.4. Resultados

3.2.4.1. Resultados Comportamentais

As médias da reprodução temporal em cada condição podem ser observadas na **Figura 9** e **Tabela 5**. A média para cada um dos participantes foi obtida pela média interna – a média calculada após exclusão do valor mais distante da duração real do estímulo (15s).

Experimento II					
Taxa de Amostragem (qps)	0,2	0,4	6,4	12,8	25,6
NBio (s)	14,25±1,27	14,03±1,62	14,38±1,11	14,99±1,31	15,14±1,63
Média ± Desvio Padrão					
Bio (s)	14,07±1,61	13,82±1,55	14,96±0,80	15,39±1,17	15,66±1,43

Tabela 5: Média e desvio padrão da reprodução temporal dos estímulos Bio e NBio em segundos do Experimento II.

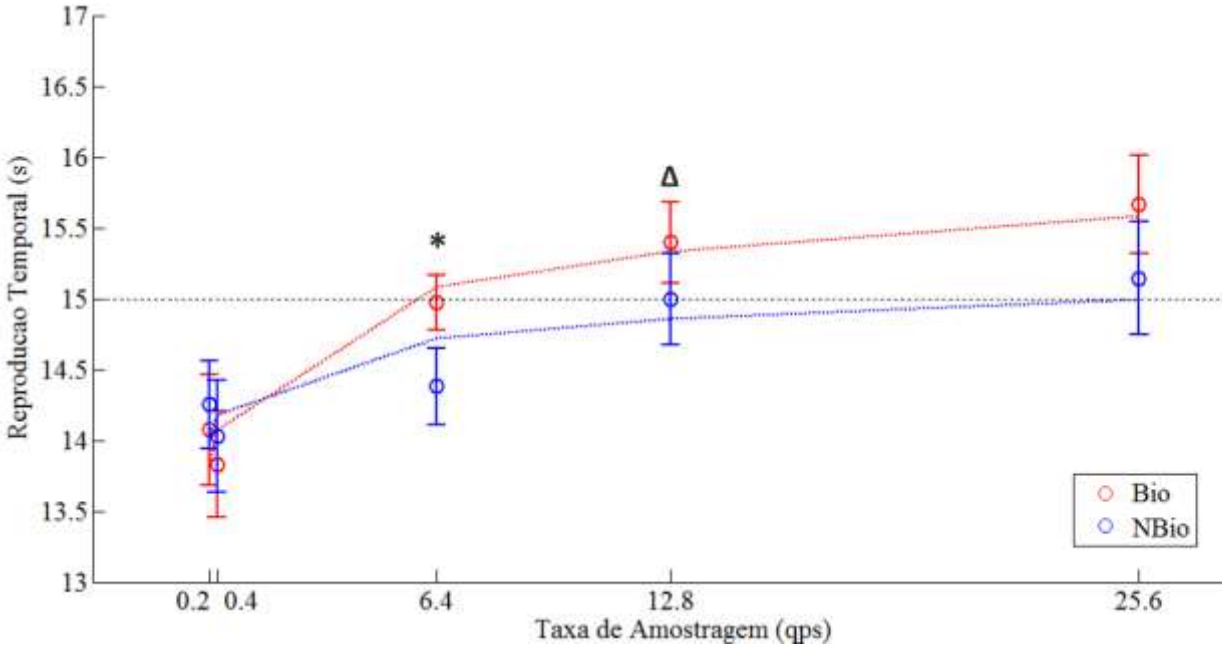


Figura 9: Média e erro padrão da reprodução temporal e modelo ajustado aos pontos dos estímulos Bio e NBio do Experimento II.

Os dados do experimento II são similares aos resultados do grupo B do experimento I e indicam que, para frequências baixas, a tendência é de subestimação da duração do estímulo, enquanto que para frequências mais altas, a tendência é de superestimação para ambas categorias. Os valores de reprodução temporal entre os estímulos de movimento Bio e NBio se diferenciam nos valores intermediários das taxas de amostragem (**Figura 9**). Esses dados foram analisados pelo Modelo Linear Geral de medidas repetidas. A análise teve dois fatores: tipo de movimento – Bio/NBio (dois níveis) e taxa de amostragem - 0,2; 0,4; 6,4; 12,8; 25,6 (cinco níveis). O teste revelou um efeito significativo para tipo de movimento, $F(1,16)=6,96$, $p=0,018$, e para as taxas de amostragem, $F(4,64)=9,59$, $p<0,001$. Foi encontrado também um efeito de interação entre categorias e taxa de amostragem de quadros, $F(4,64)=3,30$, $p=0,016$. O teste de Wilcoxon para amostras pareadas para as cinco taxas de amostragem mostrou que a condição de taxa de amostragem 6,4 qps (z-val=-2,5, $p=0,01$, considerando um nível de significância para o ajuste de múltiplas comparações de $\alpha/5\leq0,01$) foi a condição em que houve uma diferença significativa na percepção temporal entre movimento Bio e NBio. Os dados foram ajustados dentro do mesmo modelo simplificado do experimento I:

$$y=\alpha+\beta.\log(x)$$

O modelo foi ajustado ao conjunto de dados NBio: $\alpha=14.36$, $\beta=0,19$ e $r^2=0,76$ e Bio: $\alpha=14.41$, $\beta=0,36$ e $r^2=0,94$. Foram calculados os parâmetros α e β para cada participante em cada tipo de movimento e comparado os αs Bio/NBio e βs Bio/NBio por um teste de Wilcoxon para amostras pareadas. Os resultados indicaram que as curvas para Bio e NBio não são diferentes em relação ao parâmetro α, mas diferem em relação ao parâmetro β, indicando que o formato das duas curvas são distintos entre os movimentos Bio e NBio - αs Bio/NBio: z-val=-0,56, $p=0,57$ e βs Bio/NBio: z-val=-2,53, $p=0,01$.

O resultado do ajuste do modelo, parâmetros α e β, foram comparados entre o experimento I – grupo B e experimento II por meio de um teste Mann-Whitney para amostras independentes: αsNBio-expI/ NBio-expII: $T=0,281$, $p=0,21$; αsBio-expI/ Bio-expII: $T=0,283$, $p=0,18$; βsBio/Bio: $T=222$, $p=0,34$ e βsBio/Bio: $T=298$, $p=0,98$. Os resultados sugerem que não há diferença no ajuste do modelo entre os dados da amostra do experimento I – grupo B e experimento II.

Foi utilizada uma análise de modelo linear geral de medidas repetidas nos pontos da média de escala de movimento pela taxa de amostragem de quadros. A análise teve dois fatores: tipo de movimento – Bio/NBio (dois níveis) e taxa de amostragem - 0,2; 0,4; 6,4; 12,8; 25,6 (cinco níveis). Os resultados do teste de efeito entre participantes para tipo de movimento não mostrou nenhuma diferença significativa: $F(1,16)=0,642$, $p=0,43$, mas apresentou diferença significativa para as taxas de amostragem, $F(4,64)=433$, $p<0,001$. Não foi encontrado efeito de interação entre categorias e taxa de amostragem de quadros, $F(4,64)=2,23$, $p=0,15$ (**Figura10**).

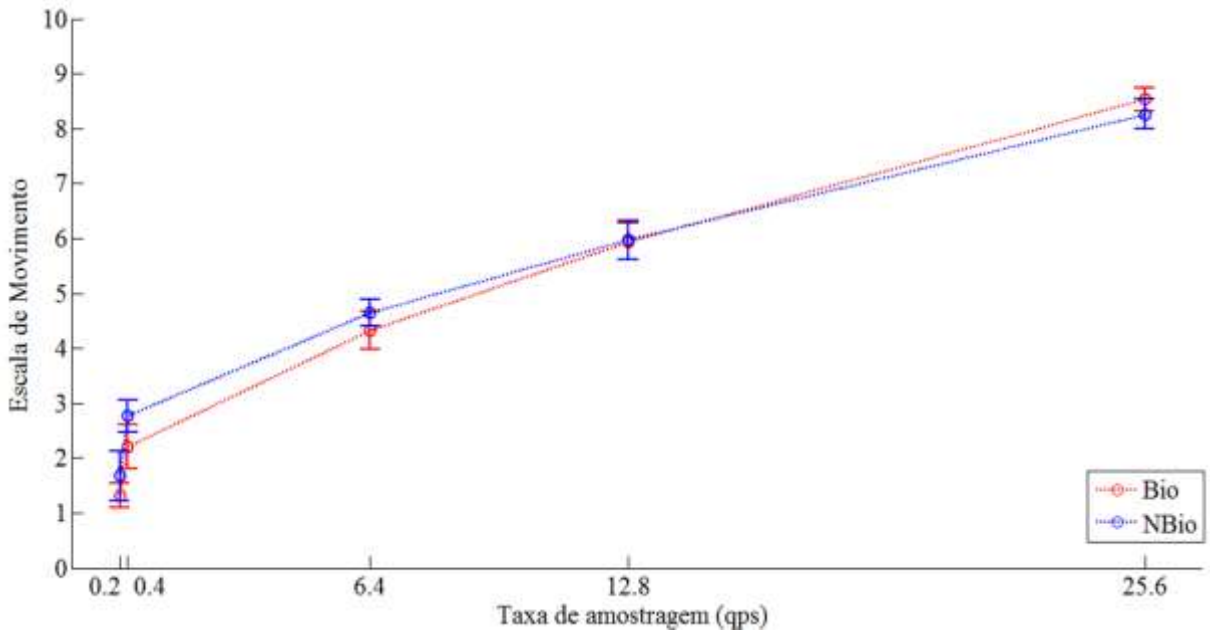


Figura 10: Pontuação média e erro padrão na **e**scala de movimento pela taxa de amostragem de quadros para os estímulos Bio e NBio.

Os resultados da regressão linear nos pontos de escala de movimento por taxa de amostragem de quadros foram obtidos pelo calculo do coeficiente de correlação de cada indivíduo e um teste de Wilcoxon: Bio – coeficiente de correlação médio=0,93, std=0,11, z-val=3,63, $p<0,001$; NBio – coeficiente de correlação médio=0,89, std=0,12, z-val=3,62, $p<0,001$ (**Figura 11**).

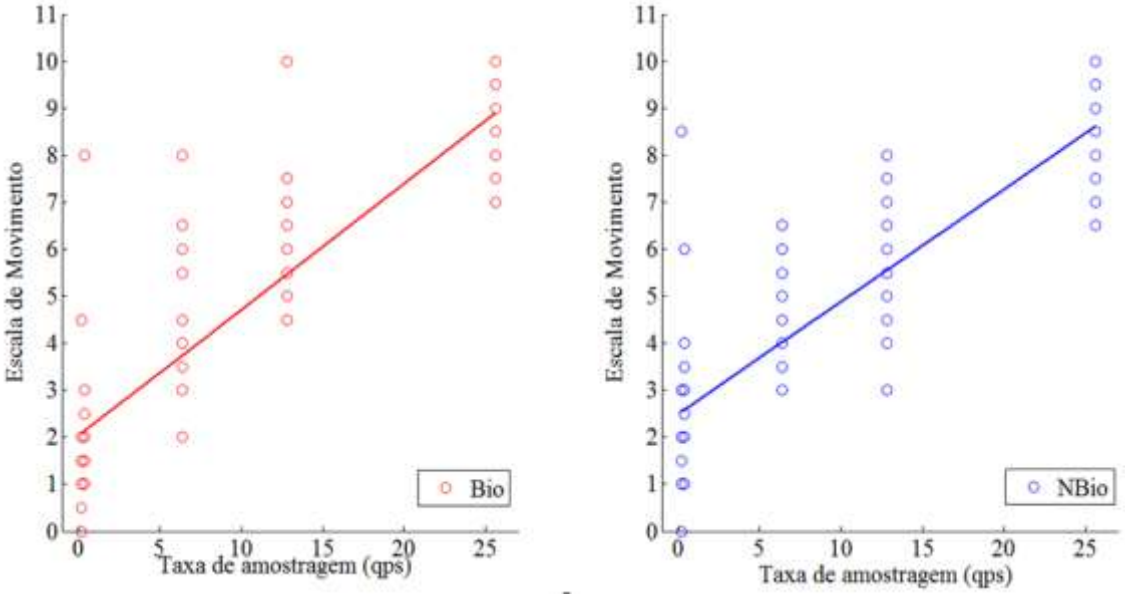


Figura 11: correlação entre os pontos da escala de movimento e taxa de amostragem de quadros para os movimentos Bio e NBio.

Foi realizada uma regressão linear nos dados de escala de movimento pela reprodução temporal. Os resultados mostraram que há uma correlação entre a intensidade do movimento percebido e o tempo reproduzido. Para movimento Bio e NBio foi calculado o coeficiente de correlação médio de cada participante e feito um teste de Wilcoxon. Movimento Bio: coeficiente de correlação médio=0,62, std=0,29, z-val=3,62, $p<0,001$; movimento NBio: coeficiente de correlação médio=0,32, std=0,50, z-val=2,34, p=0,01 (**Figura 12**). As curvas vermelha e azul na **Figura 12** indicam o ajuste médio aos pontos sendo para a condição Bio: $r^2=0,13$, sse=617,5 e, para NBio: $r^2=0,02$, sse=1601,1.

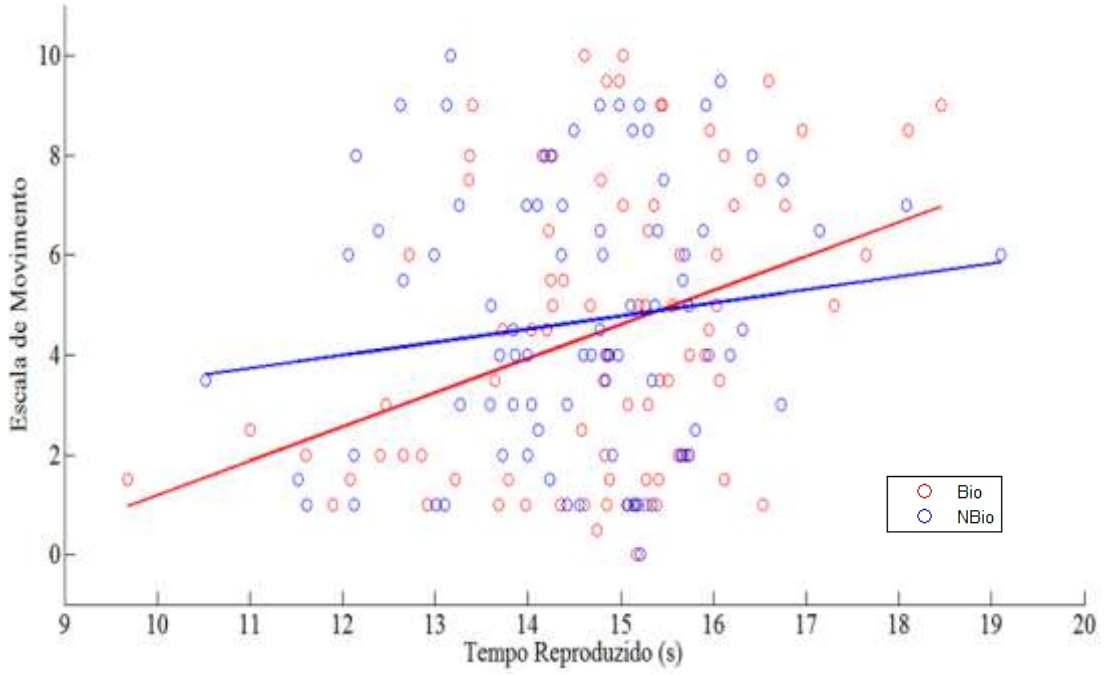


Figura 12: correlação entre os pontos de tempo reproduzido e da escala de movimento para os movimentos Bio e NBio.

As medidas qualitativas da escala de naturalidade foram convertidas para valores numéricos: não natural (rápido ou lento) = -1 e natural = 0. Os dados de naturalidade pela taxa de amostragem de quadros foram analisados pelo modelo linear geral de medidas repetidas, os resultados mostraram um efeito de frequência: $F(4,64)=51,3$, $p<0,001$, mas não houve efeito de tipo Bio/NBio: $F(1,16)=0,04$, $p=0,83$ e nem interação: $F(4,64)=1,45$, $p=0,22$. O ponto y=-0,5 foi determinado por meio da média entre o valor máximo (0) e mínimo (-1) da escala, de forma que os valores inferiores a y podem ser considerados não naturais e os valores superiores, naturais (**Figura 13**).

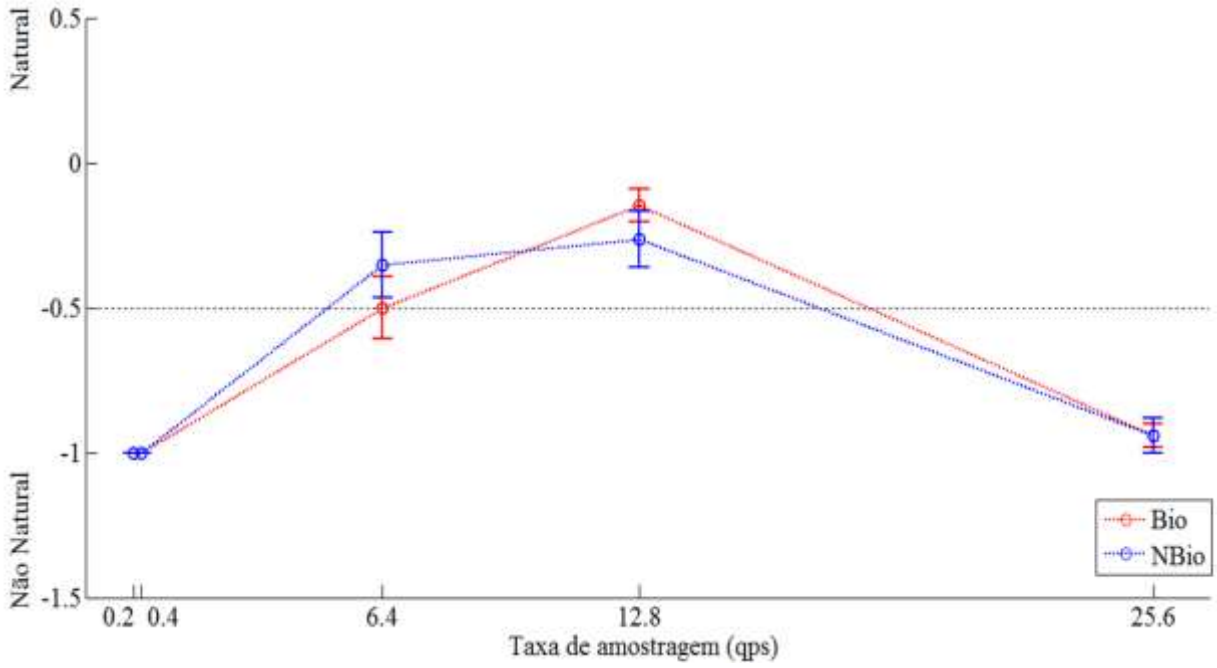


Figura 13: Média das pontuações de naturalidade para cada taxa de amostragem de quadros.

3.2.4.2. Resultados Fisiológicos

Pré-processamento

O pré-processamento dos dados hemodinâmicos foi realizado no software NIRSLab e consistiu da aplicação o filtro passa banda entre 0,001 e 0,2 Hz e conversão das frequências de onda eletromagnética em concentração de oxi-hemoglobina (Oxi-Hb) e deoxi-hemoglobina (Hb) de acordo com a lei de Beer-Lambert [#].

$$I=I_0 \,.\, 10^{-\varepsilon.c.l} \text{ ou}$$

$$A=\varepsilon.c.l$$

Onde:

$A=\log(I_0 / I)$;

A: é a absorbância

I: é fração de luz incidente

I_0: é fração de luz transmitida, a razão I_0 / I é a transmitância (T)

c: é a concentração da amostra em mol/L

l: é a espessura da amostra em cm

ε: é o coeficiente de absorção molar

Os dados de todos os vinte e sete participantes coletados passaram pela a etapa de pré-processamento. Como critério de classificação, foram considerados "canais bons" aqueles com CV< 15% durante todo o período de registro. Foram excluídos os participantes que apresentavam um ou mais canais com CV superior a 15% nas ROIs principais ou nos canais de interesse – esquerdo: 6, 7, 8, 9 e 10 e direito: 16, 17, 18, 19 e 20 (**Figura 6**). Os espectros de frequência e os mapas de mudança na concentração de oxi-Hb e Hb por condição eram gerados e analisados como controle de qualidade do pré-processamento (**Figura 14**).

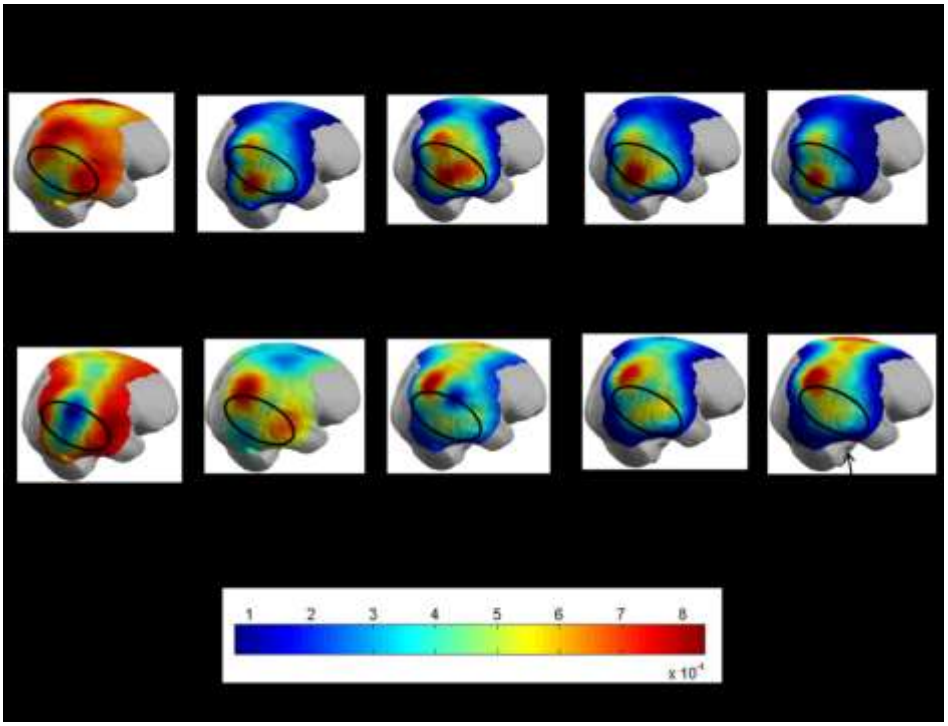


Figura 14: Imagens geradas ao final do pré-processamento para o controle de qualidade. As imagens representam o mapa de ativação após 5 segundos do início do estímulo em cada condição.

As análises inferenciais dos dados foram feitas nos softwares NIRSLab, Matlab R2013a e SPSS. As análises GLM de primeiro e segundo nível dos dados hemodinâmicos foram realizadas no software NIRSLab para as concentrações de hemoglobina total (Hbtot). Os resultados da análise de grupo indicam ativações nas ROIs de interesse e em outras regiões ($p \leq 0,05$), porém o p-valor corrigido por múltiplas comparações não é significativo.

As comparações entre taxas de amostragem alta (12,8 e 25,6) e baixa (0,2 e 0,4) e entre a taxa de amostragem média (6,4) e alta (12,8 e 25,6) sugerem ativações nas regiões de interesse (**Figura 15**).

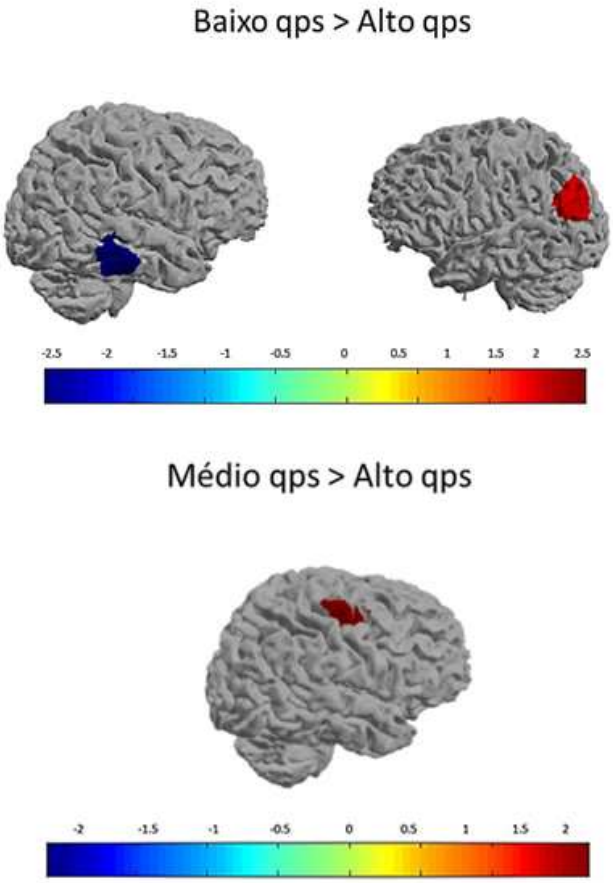


Figura 15: Mapa de ativação da análise de grupo antes da correção para múltiplas comparações: comparação entre taxas de amostragem.

Outra comparação feita foi quanto à interação entre tipo de movimento e taxa de amostragem. O primeiro mapa de contraste mostra a ativação para a comparação entre taxa de amostragem crescente para movimento Bio e NBio. O segundo mapa de contraste mostra a ativação para a comparação entre taxa de amostragem crescente Bio e decrescente NBio (**Figura 16**).

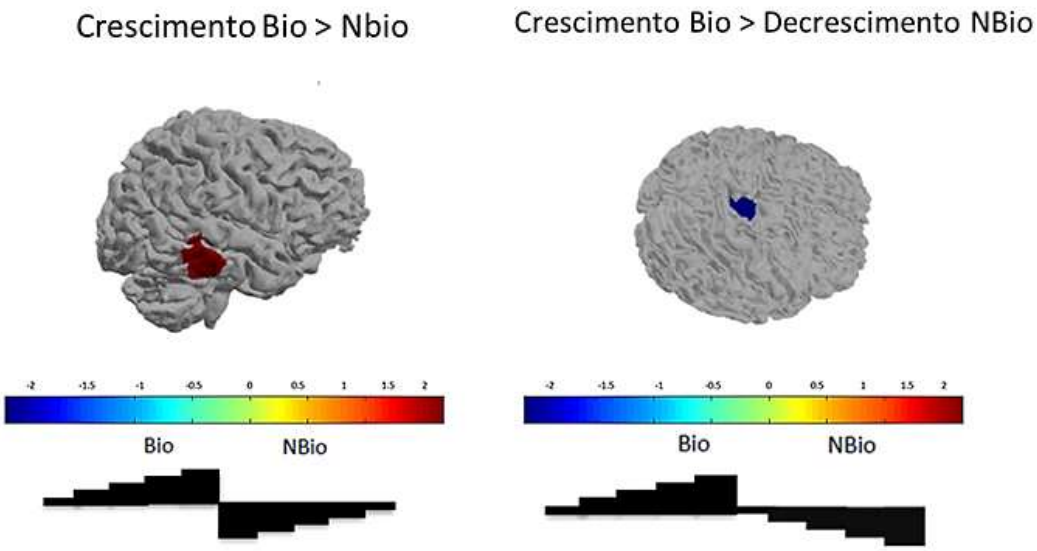


Figura 16: Mapa de ativação da análise de grupo antes da correção para múltiplas comparações: mapa de interação.

Além da análise GLM, foram realizadas análises de correlação entre a média do sinal hemodinâmico e as respostas comportamentais e taxa de amostragem de quadros. Os valores para o cálculo das médias do sinal hemodinâmico foram adquiridos após o pré-processamento e conversão do sinal para Oxi-Hb, Hb e Hbtotal pelo NIRS-Lab. Os pontos da série temporal são valores relativos à linha de base, calculados pela média de todos os pontos adquiridos por canal durante uma sessão completa de coleta (**Figura 17**).

Após a aquisição dos valores das séries temporais convertidas em Oxi-Hb, Hb e HbTotal, foram calculadas as médias do sinal nas ROIs. Visto que houve sobreposição dos canais sobre as áreas de interesse STS e MTG (**Tabela 4**), as análises de correlação tiveram por objetivo mostrar a relação entre a atividade global na ROI e as respostas comportamentais, sem separação de canais pertencentes exclusivamente a STS e MTG.

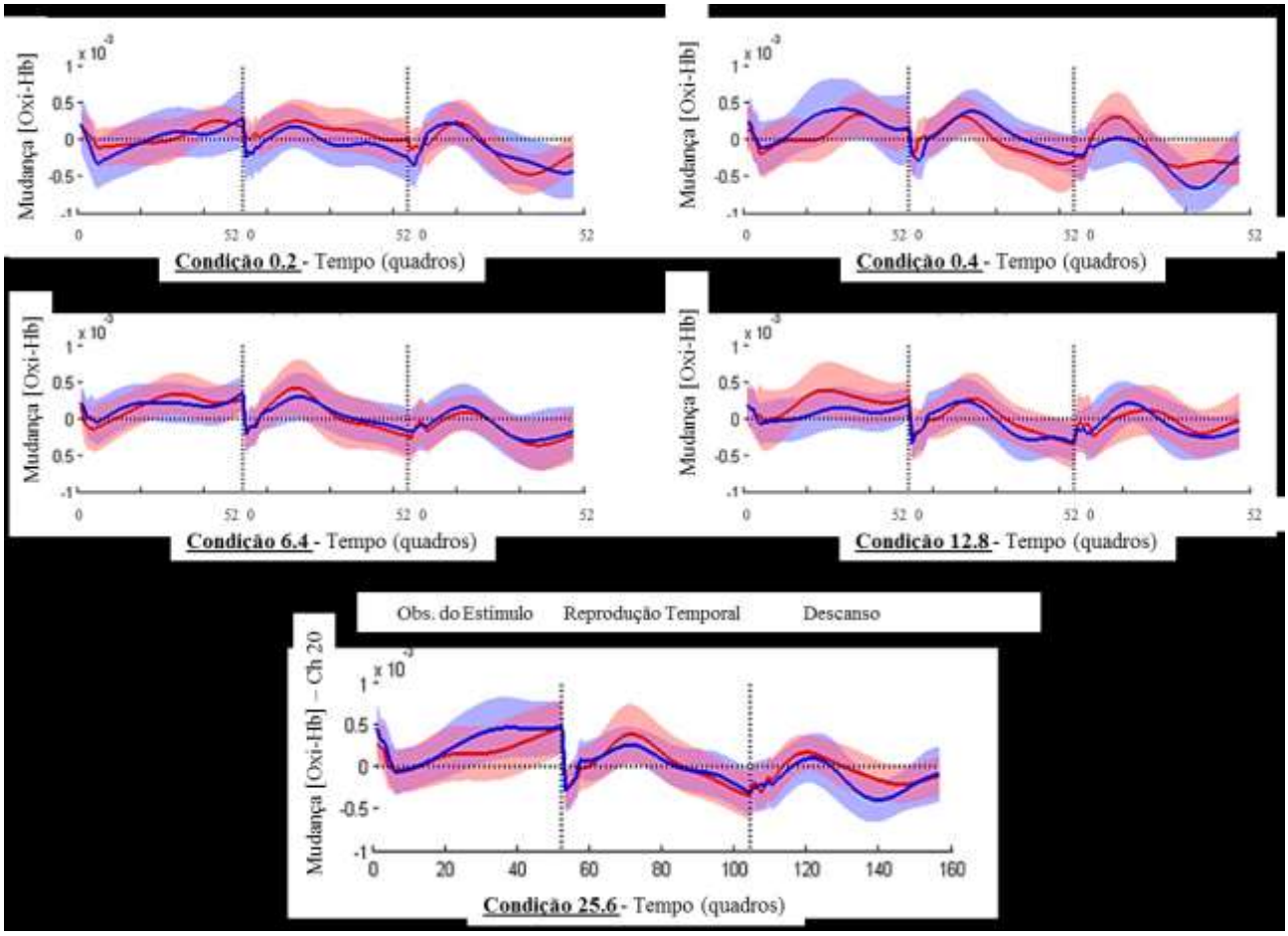


Figura 17: Ilustração da série temporal média em cada condição (linha) com erro padrão (sombreado) – Oxi-Hb, canal 20: os primeiros 52 quadros da aquisição. Azul = movimento Nbio e Vermelho = movimento Bio. A linha pontilhada horizontal indica linha de base e as linhas pontilhadas verticais indicam o início de cada trecho da tentativa (assistir, reproduzir e descansar).

A curva da função de resposta hemodinâmica (HRF, do inglês) utilizada nas análises GLM e análises de médias foi a curva canônica formada por duas gaussianas. A média do sinal hemodinâmico foi calculada de duas maneiras distintas: 1 – considerando a forma da HRF descartaram-se os primeiro 5s de aquisição de cada condição (observando o estímulo e reproduzindo a duração percebida), evitando efeitos de transição de períodos (Hashimoto, et al, 2005) (**Figura 18**); 2 – desconsiderando o formato da HRF e utilizando todos os pontos da série temporal de uma condição para o cálculo da média respectiva (Ishizu, et al, 2009).

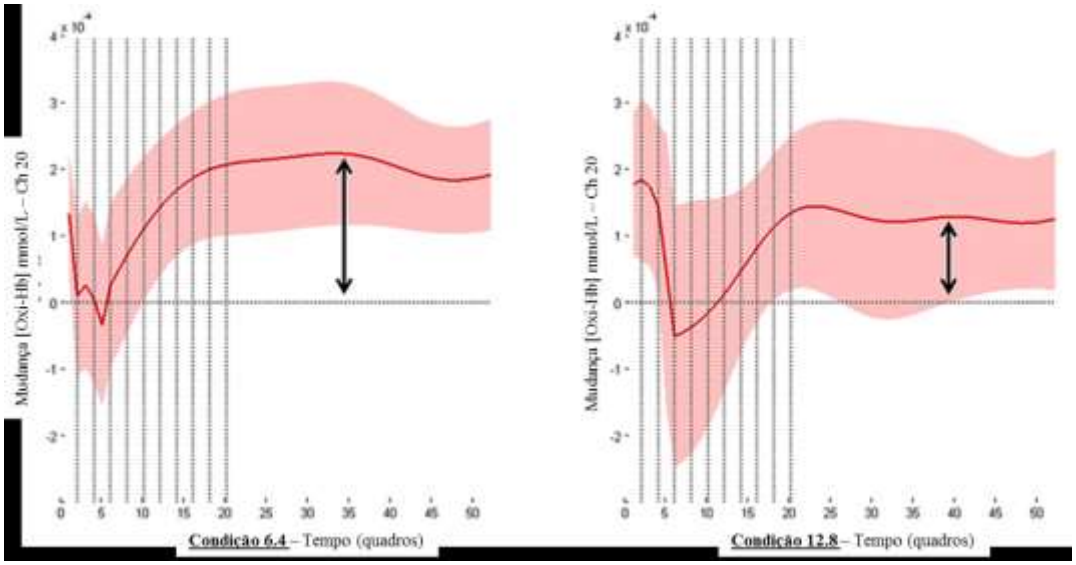


Figura 18: Ilustração da comparação entre a amplitude média do sinal hemodinâmico nas condições de movimento Bio 6,4 qps (esquerda) e 12,6 qps (direita). A parte listrada foi desconsiderada para o calculo do sinal médio na análise de média que considerou o formato HRF (desconsiderou os primeiros 5s).

A média do sinal hemodinâmico foi calculada para cada condição (Bio: 0,2; 0,4; 6,4; 12,8 e 25,6 e NBio: 0,2; 0,4; 6,4; 12,8 e 25,6) por participante. Para cada participante foi calculada a média do sinal das seis observações e reproduções de cada condição. Para a ROI direita foi calculada a média do sinal entre canais 6, 7, 8, 9 e 10 e, para a ROI esquerda, foi calculada a média do sinal entre os canais 16, 17, 18, 19 e 20 (**Figura 6**).

Em Beauchamp et al (2003) o número de voxels responsivos a cada tipo de movimento variou entre hemisférios. Entretanto a magnitude da resposta encontrada foi similar entre os hemisférios esquerdo e direito, portanto Beauchamp agrupou as ROIs respectivas ao STS e MTG do hemisfério esquerdo e direito em uma única ROI bilateral. No presente estudo, as ROIs esquerda e direita possuem o mesmo tamanho, pois cada uma é formada por cinco canais espacialmente correspondentes em cada um dos hemisférios (**Figura 6**). Portanto, para verificar a possibilidade de agrupar as ROIs esquerda e direita em uma única ROI bilateral, como em Beauchamp et al (2003), foi calculada a média de cada condição Bio e NBio em cada um dos lados e comparada a magnitude do sinal hemodinâmico em cada um dos hemisférios por um teste de Wilcoxon para amostras pareadas. O resultado da análise (**Tabela 6**) mostrou que não há diferença na magnitude da resposta hemodinâmica entre hemisférios para cada condição (Bio e NBio), portanto o sinal médio bilateral também foi considerado para a análise de média e foi adquirido pela média da resposta das ROIs esquerda e direita.

	Bio – Htotal		NBio - Htotal	
x10^{-6}	**Direito**	**Esquerdo**	**Direito**	**Esquerdo**
Média (mmol/L)	74,35	110,24	60,44	130,22
Desvio Padrão	88,13	117,10	88,13	218,70
P-valor	-1,02		-1,49	
Z-val	0,31		0,14	
	Bio - Oxi-Hb		**NBio - Oxi-Hb**	
x10^{-6}	**Direito**	**Esquerdo**	**Direito**	**Esquerdo**
Média (mmol/L)	58,02	70,30	29,40	44,31
Desvio Padrão	91,69	139,99	83,57	128,28
P-valor	-0,50		-1,25	
Z-val	0,62		0,21	
	Bio - Oxi-Hb		**NBio - Oxi-Hb**	
x10^{-6}	**Direito**	**Esquerdo**	**Direito**	**Esquerdo**
Média (mmol/L)	1,90	-5,33	3,13	1,64
Desvio Padrão	62,63	86,79	77,33	54,52
P-valor	0,73		-0,31	
Z-val	0,21		0,75	

Tabela 6: Médias e resultado do teste de Wilcoxon para amostras pareadas entre a resposta hemodinâmica das ROIs no hemisfério esquerdo e direito.

Foi calculada a correlação de Spearman entre a média do sinal de cada uma das cinco condições, Bio e NBio em cada ROI, e a percepção temporal, a percepção de movimento e a taxa de amostragem de quadros para cada participante. O valor da correlação média foi testado por um teste de Wilcoxon para uma amostra em todos os coeficientes de correlação individuais para cada condição. O **Anexo D** contém o resultado expandido das análises de correlação. Os principais achados para as correlações calculadas – desconsiderando o formato HRF – foram: correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Hbtotal – Nbio) com taxa de amostragem de quadros durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,26, std=0,42, p=0,032, signedrank=97. Correlação positiva do sinal ROI-esquerdo (Hbtotal – Bio) com taxa de amostragem de quadros durante a tarefa de reprodução temporal, coeficiente de correlação=0,18, std=0,34, p=0,020, signedrank=98. Correlação negativa do sinal ROI-direito (Hbtotal – NBio) com taxa de amostragem de quadros durante a tarefa de reprodução temporal, coeficiente de correlação=-0,36, std=0,53, p=0,024, signedrank=29.

Para a análise de correlação considerando o modelo da HRF, descartando os cinco segundos iniciais de mudança do sinal, os resultados foram:

- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Hbtotal – NBio) com o tempo reproduzido durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,29, std=0,49, p=0,020, signedrank=110.
- Correlação positiva do sinal ROI-esquerdo (Hb – NBio) com o tempo reproduzido durante a reprodução temporal, coeficiente de correlação=0,19, std=0,33, p=0,023, signedrank=98.
- Correlação positiva do sinal ROI-direito (Hbtotal – NBio) com a taxa de amostragem durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,29, std=0,49, p=0,021, signedrank=111.
- Correlação positiva do sinal ROI-direito (Oxi-Hb – NBio) com a taxa de amostragem durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,32, std=0,32, p=0,001, signedrank=126.
- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Hbtotal – NBio) com a taxa de amostragem durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,28, std=0,49, p=0,03, signedrank=123.
- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Oxi-Hb – NBio) com a taxa de amostragem durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,31, std=0,37, p=0,01, signedrank=121.
- Correlação negativa do sinal ROI-bilateral (Oxi-Hb – NBio) com a taxa de amostragem durante a reprodução temporal, coeficiente de correlação=-0,28, std=0,54, p=0,04, signedrank=34.
- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Oxi-Hb – NBio) com a escala de percepção de movimento durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,31, std=0,41, p=0,001, signedrank=111.
- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Hbtotal – NBio) com a escala de percepção de movimento durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,29, std=0,49, p=0,03, signedrank=110.
- Correlação positiva do sinal ROI-bilateral (Oxi-Hb – NBio) com a escala de percepção de movimento durante a observação do estímulo, coeficiente de correlação=0,30, std=0,38, p=0,01, signedrank=117.

Os resultados da análise de correlação mostraram uma correlação positiva entre o sinal hemodinâmico médio (Hbtotal e Hb) e o tempo reproduzido para a condição de movimento NBio, mas não para a condição de movimento Bio. Portanto, foi realizado o teste de

Wilcoxon para amostras pareadas entre os coeficientes de correlação (sinal hemodinâmico pelo tempo reproduzido) Bio e NBio para verificar se haveria diferenças no sinal hemodinâmico entre os dois tipos de estímulos, o que poderia justificar a diferença na percepção temporal entre as condições Bio e NBio. Entretanto os resultados não mostraram nenhuma diferença nas concentrações de Oxi-Hb, Hb ou Hbtotal entre as condições Bio e NBio. Os resultados da análise podem ser observados na **Tabela 7**.

Resultados	**Observando o Estímulo**			**Reproduzindo o Tempo**		
Direita	Htotal	Oxi-Hb	Hb	Htotal	Oxi-Hb	Hb
Média	-0,14	-0,09	0,27	-0,07	0,01	0,11
Desvio Padrão	0,84	0,81	0,77	0,63	0,81	0,68
P-Valor	0,53	0,55	0,15	0,36	0,98	0,62
Estatística: signedrank	63,50	64,00	106,50	50,50	67,00	87,00
Esquerda	Htotal	Oxi-Hb	Hb	Htotal	Oxi-Hb	Hb
Média	0,17	-0,04	-0,01	-0,08	-0,06	0,24
Desvio Padrão	0,78	0,69	0,53	0,54	0,64	0,61
P-Valor	0,30	0,49	0,76	0,43	0,75	0,21
Estatística: signedrank	98,00	62,00	65,50	53,00	54,00	82,50
Bilateral	Htotal	Oxi-Hb	Hb	Htotal	Oxi-Hb	Hb
Média	0,18	-0,05	0,20	-0,08	0,04	0,25
Desvio Padrão	0,84	0,76	0,55	0,52	0,78	0,49
P-Valor	0,33	0,71	0,13	0,40	0,90	0,07
Estatística: signedrank	97,00	61,00	87,00	52,00	79,00	102,50

Tabela 7: Resultado do teste de Wilcoxon para amostras pareadas entre os estímulos de movimento Bio e NBio.

Finalmente, foi realizada uma análise de modelo linear geral nos valores das médias (Oxi-Hb, Hb e Hbtotal) do sinal hemodinâmico (desconsiderando os 5s iniciais de aquisição) com dois fatores – fator 1: movimento Bio e NBio, fator 2: taxas de amostragem (0,2; 0,4; 6,4; 12,8; 25,6) (**Tabela 8**). A análise mostrou um efeito de taxa de amostragem para Oxi-Hb no ROI esquerdo durante a observação do estímulo (**Figura 19**).

	Observando o Estímulo					
Resultados	**Oxi-Hb**			**Hb**		
Tipo (Bio/Nbio)	**Bilateral**	**Direita**	**Esquerda**	**Bilateral**	**Direita**	**Esquerda**
F(1,16)	1,17	0,62	0,40	0,04	0,42	0,19
P-valor	0,30	0,44	0,53	0,83	0,37	0,66
Taxa de Amostragem (0,2 - 25,6 qps)						
F(4,64)	2,47	1,52	3,30	1,40	1,08	1,26
P-valor	0,06	0,21	0,01	0,25	0,37	0,29
	Reproduzindo a Duração Percebida					
Tipo (Bio/Nbio)	**Bilateral**	**Direita**	**Esquerda**	**Bilateral**	**Direita**	**Esquerda**
F(1,16)	0,40	1,37	0,03	0,26	0,06	0,01
P-valor	0,54	0,25	0,83	0,67	0,80	0,90
Taxa de Amostragem (0,2 - 25,6 qps)						
F(4,64)	1,03	2,21	1,80	1,16	0,71	1,71
P-valor	0,40	0,08	0,14	0,33	0,58	0,16

Tabela 8: Resultados da análise de regressão GLM nas médias do sinal hemodinâmico.

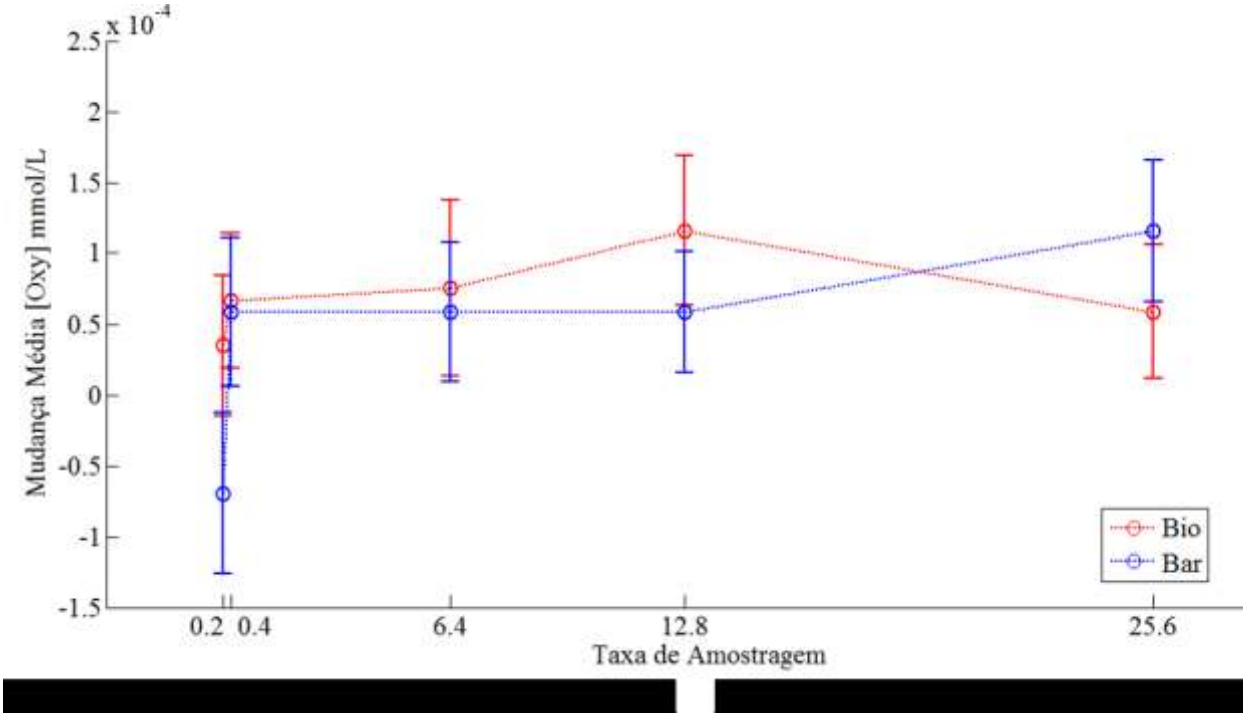


Figura 19: Gráfico das médias dos valores de concentração de Oxi-Hb no ROI esquerdo pela taxa de amostragem de quadros para estímulos de movimento Bio e NBio.

3.2.5. Discussão

Os resultados comportamentais do experimento II replicaram os efeitos principais do experimento I – grupo B: as reproduções temporais nas condições de taxa de amostragem baixa (menor velocidade aparente) foram subestimadas em relação às condições de taxa de amostragem alta (maior velocidade aparente), o que também está de acordo com os resultados da literatura (Brown, 1995; Kanai et al, 2006). A comparação dos parâmetros α e β do modelo ajustado aos dados comportamentais indicou que y(0) e o formato da curva não diferiram entre os dois experimentos. A reprodução temporal da condição de taxa de amostragem intermediária (6,4 qps) diferiu entre movimento biológico e não biológico.

O resultado das análises estatísticas das escalas de intensidade e naturalidade do movimento mostrou que a percepção da intensidade de movimento tem uma forte relação com a taxa de amostragem de quadros, ao passo que a percepção de naturalidade dos estímulos varia entre as taxas de amostragem extremas (0,2; 0,4; 25,6) e intermediárias (6,4 e 12,8). As análises estatísticas das escalas de intensidade e naturalidade do movimento também apresentaram um efeito de taxa de amostragem, mas não um efeito de tipo de movimento. Esse resultado sugere que a percepção da intensidade e naturalidade de movimento não diferiu entre os estímulos de movimento biológico e não biológico. Portanto, o fator de causa da diferença na percepção temporal entre os movimentos biológico e não biológico não foi uma percepção diferenciada da intensidade ou naturalidade com que estes dois tipos de movimentos foram apresentados.

Gavazzi, et al (2013) mostrou um aumento na acurácia ou diminuição da diferença ente o tempo estimado e o tempo real para velocidades aparentes mais altas do estímulo de movimento biológico. Porém, os resultados comportamentais do experimento II de reprodução temporal e percepção de naturalidade mostram que a acurácia da estimação temporal é maior para as condições de movimento biológico consideradas mais naturais (6,4 e 12,8 qps) e não mais rápidas. Os resultados comportamentais do experimento I – grupo B e do experimento II indicam que, para taxas de amostragem intermediárias, em que os movimentos são julgados como mais naturais ou plausíveis, é onde se mostra a principal diferença entre a percepção temporal do movimento biológico e do movimento não biológico.

Os resultados das análises de correlação entre sinal hemodinâmico e respostas comportamentais, desconsiderando o modelo de HRF, não mostraram nenhuma relação entre o sinal hemodinâmico médio e a percepção temporal. Entretanto, para o movimento não biológico, os resultados mostraram que há uma correlação entre o sinal hemodinâmico bilateral (Hbtotal) e a taxa de amostragem de quadros enquanto o participante observava o estímulo. Outra correlação encontrada nesta análise foi entre o sinal hemodinâmico (Hbtotal) no hemisfério esquerdo e a pontuação na escala de intensidade de movimento para movimento biológico durante a reprodução temporal. Esses resultados sugerem que há uma relação entre a taxa de amostragem de quadros e atividade hemodinâmica para as condições de movimento não biológico enquanto o indivíduo observa a apresentação do estímulo. Além disso, mesmo quando não há mais estímulo visual sendo apresentado ao participante (e a tarefa consiste apenas em reproduzir a duração percebida), é possível encontrar uma correlação, mesmo que baixa, entre a percepção do movimento aparente (Bio e NBio) e a atividade hemodinâmica. Este último resultado sugere que há uma alteração da atividade hemodinâmica durante a reprodução temporal relacionada à percepção do movimento do estímulo observado anteriormente. Entretanto, as correlações entre o tempo reproduzido e as respostas fisiológicas hemodinâmicas não mostraram nenhuma relação entre a alteração da atividade hemodinâmica e a percepção temporal.

Os resultados da correlação entre sinal hemodinâmico e respostas comportamentais, considerando o modelo de HRF (desconsiderando os primeiros 5s de sinal adquirido em cada condição), mostraram uma correlação entre sinal hemodinâmico (Hbtotal e Hb) e o tempo reproduzido apenas para as condições de movimento não biológico. A correlação entre a resposta fisiológica e o tempo percebido ocorre tanto para os momentos durante os quais os participantes observam o estímulo, quanto para os momentos em que os participantes reproduzem o tempo percebido. Esse resultado sugere que as alterações na percepção temporal estão relacionadas com as alterações nas respostas fisiológicas tanto durante a observação do estímulo, quanto durante a reprodução temporal.

Beauchamp et al (2003) mostrou um efeito de lateralidade entre os estímulos de movimento Bio e NBio, esse efeito consistia em um maior número de voxels responsivos ao movimento NBio no hemisfério esquerdo e uma maior número de voxels responsivos ao movimento Bio no hemisfério direito. Embora o número de voxels responsivos a cada tipo de movimento varie entre hemisférios, a magnitude da resposta encontrada foi similar entre os hemisférios esquerdo e direito, portanto Beauchamp agrupou as ROIs respectivas ao STS e

MTG do hemisfério esquerdo e direito em uma ROI bilateral. As análises feitas no presente estudo também consideraram as médias das respostas hemodinâmicas nas ROIs direita, esquerda e bilateral. Os resultados da análise de médias (correlações de modelo linear geral) mostraram diferentes resultados considerando os hemisférios direito e esquerdo separadamente ou considerando uma única região de interesse bilateral. As análises de correlação mostraram uma relação positiva entre o tempo percebido e a magnitude da resposta hemodinâmica para o movimento não biológico ROI do hemisfério esquerdo, entretanto não houve correlação no hemisfério direito. Esses resultados sugerem a lateralidade do efeito entre a resposta hemodinâmica e as durações percebidas para o estímulo de movimento não biológico.

Ishizu, et al (2009) utilizou o NIRS para observar o padrão da resposta hemodinâmica enquanto os indivíduos observavam imagens estáticas com representação do movimento biológico e enquanto os indivíduos se imaginavam realizando determinado movimento. Os resultados deste estudo mostraram que a região denominada de EBA, que consiste na área cortical que engloba STS e MTG, mostra um aumento no sinal hemodinâmico (Oxi-Hb) mesmo quando o participante observa uma imagem estática de um corpo humano com algum tipo de movimento implícito. Entretanto, Beauchamp (2003) mostrou que a atividade em STS é maior quando o estímulo é dinâmico do que quando é estático, portanto era esperado encontrar uma correlação entre a percepção da intensidade de movimento e a resposta fisiológica. No presente estudo, o resultado da análise de modelo linear geral com fatores tipo (Bio e NBio) e taxa de amostragem realizada nas médias do sinal hemodinâmico (Oxi-Hb) mostrou um efeito de taxa de amostragem para os movimentos biológicos e não biológicos na ROI esquerda, sugerindo que quanto maior a taxa de amostragem (consequentemente, maior velocidade aparente), maior é a concentração de Oxi-Hb na região de interesse, de acordo com a hipótese anterior. Entretanto, o resultado da análise não mostrou nenhum efeito de tipo (Bio e NBio). Portanto, o efeito de distorção temporal pode ser explicado pela relação entre aumento da taxa de amostragem e aumento da concentração de Oxi-Hb, mas a diferença encontrada na percepção temporal entre movimento Bio e NBio não pode ser explicada por diferenças nas variações da concentração de Oxi-Hb ou Hb entre os dois tipos de movimento.

Ainda que não estatisticamente significativos, os resultados encontrados nas medidas hemodinâmicas pela análise GLM sugerem uma ativação das regiões de interesse para estímulos de movimento biológico e não biológico, como mostrado por Beauchamp, et al. (2003). Além disso, os resultados também sugerem que existe uma interação entre a atividade

das ROIs e a variação nas taxas de amostragem entre os movimentos biológicos e não biológicos. Beauchamp et al (2003) mostrou que o tamanho do efeito de mudança média no sinal BOLD é maior para estímulos com representações reais do corpo humano do que para estímulos com menos detalhes, como pontos de luz. O estímulo de representação utilizado no presente estudo foi um conjunto de imagens 2D do contorno de um perfil humano, sem textura e cor. Portanto, o baixo poder estatístico de comparação entre os estímulos de movimento biológico e não biológico e o pequeno efeito de correlação entre a percepção destes movimentos e a concentração da reposta hemodinâmica poderiam ser explicadas pela diferença visual entre os tipos de estímulos utilizados neste estudo e por Beuchamp et al (2003).

4. Conclusão

Esse trabalho teve por objetivo principal analisar o padrão da resposta temporal para estímulos com representação do movimento biológico humano e não biológico entre diferentes intensidades de movimento, variadas pela taxa de amostragem de quadros. Embora os resultados tenham sido consistentes entre os experimentos principais e os resultados da literatura, mesmo utilizando o modelo log-linear de ajuste aos dados de estimação temporal não é possível inferir a resposta comportamental média para taxas de amostragens que não foram testadas (abaixo de 0.2, acima de 25.6 e taxas de amostragem intermediarias dos pontos utilizados neste estudo). Assim como também não é possível inferir o comportamento da curva de resposta de taxa de amostragem por reprodução temporal para durações diferentes da utilizada neste estudo (15 segundos). Portanto, novos estudos devem ser realizados a fim de explorar um conjunto maior de taxas de amostragem e durações do estímulo.

Os resultados comportamentais mostram que, mesmo para características de intensidade de movimento e naturalidade similares entre os dois tipos de movimentos (biológico e não biológico), a percepção temporal desses estímulos é diferente em condições que o movimento é julgado como natural ou plausível. Ainda, a ideia de que a dilatação temporal ocorre com um maior número de mudanças observadas, como proposto por Gibson (1975), não é capaz de explicar o efeito de saturação da estimação temporal encontrado nos experimentos I e II. Quanto maior a taxa de amostragem de quadros, mais "mudanças" são apresentadas, portanto, maior deveria ser a estimação temporal – sem efeito de saturação. Entretanto, se for considerado que o *pacemaker* é limitado em sua capacidade de gerar pulsos em altas frequências, o modelo de relógio interno pode explicar esse resultado. Conforme a velocidade aparente do estímulo aumenta, o *pacemaker* gera pulsos em frequências cada vez maiores, porém, quando o *pacemaker* atinge o limite máximo da frequência de pulsos gerados, a percepção temporal se estagna independentemente do incremento na velocidade do estímulo. Embora o modelo do relógio interno possa explicar os resultados de distorção temporal e saturação da curva de estimação temporal, esse modelo não explica como dois estímulos (biológico e não biológico), iguais em velocidade aparente e taxa de amostragem, apresentam distorções de magnitudes distintas entre si.

A princípio, essa diferença na percepção de tempo entre esses dois tipos de estímulo deu origem à hipótese de que as regiões corticais STS e MTG, que se mostram ativas principalmente para estímulos de movimento biológico humano e não biológico, respectivamente, tivessem um papel na percepção temporal desses estímulos, modulando essa percepção de forma distinta entre os tipos de movimento. Os resultados deste estudo mostraram uma relação entre a taxa de amostragem de quadros/ velocidade aparente e concentração de Oxi-Hb na região de interesse no hemisfério esquerdo que contempla as áreas STS e MTG, sugerindo que quanto maior a velocidade aparente (alterada pela taxa de amostragem de quadros) maior a concentração de Oxi-Hb na região. As correlações encontradas entre a resposta hemodinâmica média e o tempo reproduzido sugerem que, para o movimento não biológico, há uma relação positiva entre a concentração de Hb-esquerdo e Hbtotal-bilateral e a percepção temporal. Entretanto, os resultados não permitem afirmar que existe uma relação entre a atividade hemodinâmica e o tempo percebido para o movimento biológico.

Por fim, pode-se concluir que a distorção na percepção temporal ocorre pela variação da percepção de movimento e essa percepção difere para o movimento biológico e não biológico quando esses movimentos são apresentados com velocidades naturais e se desenvolvem de maneira plausível. A atividade hemodinâmica da região que engloba STS e MTG aumenta de acordo com o aumento da taxa de amostragem de quadros (ou velocidade aparente) e esse aumento na resposta hemodinâmica é lateralizado, de forma que os principais efeitos foram encontrados no hemisfério esquerdo. Porém a atividade hemodinâmica não se altera entre estímulos de movimento biológico e não biológico. Assim, a resposta fisiológica desta região não é capaz de explicar a diferença entre a percepção de movimento biológico e não biológico.

5. Referências

5.1. Artigos e Livros:

Adelson, E. H. & Bergen, J. R. Spatiotemporal Energy Models for the Perception of Motion. The Optical Society of America, v.2, n.2, 1985.

Aggarwal, J. K. & Cai, Q. Human Motion Analysis: A Review. Computer Vision and Image Understanding, v.73, n.3, p.428-440, 1999.

Beauchamp, M. S., Lee, K., Haxby, J. V., Martin, A. Parallel Visual Motion Processing Streams for Manipulable Objects and Human Movements. Neuron, v.34, p.149-159, 2002.

Beauchamp, M. S., Lee, K. E., Haxby, J. V., Martin, A., fMRI Responses to Video and Point-Light Displays of Moving Humans and Manipulable Objects. Journal of Neuroscience, v.15, n.7, p.991-1001. 2003

Blake, R. & Shiffar, M., Perception of Human Motion. Annu. Rev. Psychol., n.58, p.47-73, 2007.

Blakemore, S. & Decety, J., From The Perception of Action to The Understanding of Intention. Nature Neuroscience, v.2, p.561-567, 2001.

Block, R. A., Cognitive models of psychological time. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates, 1989.

Bonnet, C. Le role des changements continus et discontinus dans l'estimation de la duree d'un mouvement [The role of continuous and discontinuous change in the estimation of the duration of a movement]. Annee Psychologique, v. 68, p. 347-356, 1968.

Brown, S. W., Time, Change, and Motion: The Effects of Stimulus Movement on Temporal Perception. Perception & Psychophysics. v.57, n.1, p.105-116, 1995.

Bueti, D. et al., Sensory and association cortex in time perception. J. Cogn. Neurosci., v.20, p. 1054– 1062, 2008.

Buhusi, C. V. & Meck, W. H., What Makes Us Tick? Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing. Nature reviews. Neuroscience, v.6, n.10, p. 755-765, 2005.

Castelli, F. Happé, F., Frith, U. & Frith, C., Movement and Mind: A Functional Imaging Study of Perception and Interpretation of Complex Intentional Movement Patterns. NeuroImage, v.2, p.314-325, 2000.

Church, R. M. Properties of the Internal Clock. Annals New York Academy of Science, p.566-581, 1984.

Droit-Volet, S. & Meck, W., How Emotions Colour Our Perception of Time. Trends in Cognitive Sciences, v.11, n.12, p. 504-513, 2007.

Eagleman, D., Human Time Perception and Its Illusions. Current Opinion in Neurobiology, v.18, n.2, p. 131-136, 2008.

Fernandes, C. A. & Garcia-Marques, T., Ilusões Temporais: Paradigma Experimental. Laboratório de Psicologia - I.S.P.A. v. 10, n. 2, p.265-286, 2012.

Fraisse, P., Perception and Estimation of Time. Annu. Rev. Psychology. v. 35, p.1-37, 1984.

Freyd, J. J., The Mental Representation of Movement When Static Stimuli Are Viwed. Perception & Psychophysics, v.33, n.6, p.575-581, 1983.

Freyd, J. J., Dynamic Mental Representations. Psychological Review, v.94, n.4, p.427-438, 1987.

Gavazzi, G; Bisio, A. & Pozzo, T. Time Perception of Visual Motion Is Tuned by The Motor Representation of Human Actions. Scientific Reports, v.3, n.1168, p.1-8, 2013.

Gibson, J. J., Events are Perceivable but Time is Not. The study of time (in J. T. F. N. Lawrence Ed.), v. 2, p. 295–301, 1975.

Grosjean, M., Shiffrar, M., Knoblich, G. Fitt's Law Holds for Action Perception. Psychological Science – Research Report, v.18, n.2, p.92-99, 2007.

Grossman, E.; Donnelly, M; Price, R.; Pickens, D.; Morgan, V., Brain Areas Involved in Perception of Biological Motion. Journal of Cognitive Neuroscience, v.12, n.5, p. 711-720, 2000.

Grossman, E. & Blake, R. Brain Activity Evoked by Inverted and Imagined Motion. Vision Res. v. 41, p. 1475–1482, 2001.

Grèzes, J. et al. Does perception of biological motion rely on specific brain regions? Neuroimage. v.13, p.775–785, 2001.

Herrington, J. D., Charlotte, N., Schultz, R. T. Biological Motion Task Performance Predicts Superior Temporal Sulcus Activity. Brain and Cognition, v.77, p.372-381, 2011.

Hashimoto, T., Minagawa-Kawai, Y., Kojima, S. Motion Illusion Actives the Visual Motion Area of the Brain: A Near-Infrared Spectroscopy Study. Brain Research, v. 1077, p.116-122, 2006.

Ishizu, T., Noguchi, A., Ito, Y., Ayabe, T., Kojima, S. Motor Activity and Imagery Modulate the Body-Selective Region in the Occipital-Temporal Area: A Near-Infrared Spectroscopy Study. Neuroscience Letters, v.465, p.85-89, 2009.

Kanai, R.; Paffen, C. L. E.; Hogendoorn, H.; Verstraten, F. A. J., Time Dilatation in Dynamic Visual Display. Journal of Vision, v.6, p.1421-1430, 2006.

Koessler, L., Maillard, L., Benhadid, A., Vignal, J. P., J. Felblinger, H., Vespignani, M., Braun, M., Automated cortical projection of EEG sensors: Anatomical Correlation Via The Internal 10-10 System. Neuroimage, n.46, p.64-72, 2009.

Kourtzi, Z.. & Kanwisher, N. Activation in Human MT/MTS by Static Images with Implied Motion. Journal of Cognitive Neuroscience, v.12, n.1, p.48-55, 2000.

Lahnakoski, M. J., Glerean, E., Salmi, J., Jääskeläinen, I., Sams, M., Hari, R., Nummenmaa, L. Naturalistic fMRI Mapping Revels Superior Temporal Sulcus as the Hub for the Distributed Brain Network for Social Perception. Frontiers in Neuroscience, v.6, n.233, p.1-14, 2012.

Liu, J. & Newsome, W. T. Correlation Between Speed Perception and Neural Activity in the Middle Temporal Visual Area. The Journal of Neuroscience, v.25, n.3, p.711-722, 2005.

Mather, G. & Murdoch, L. Gender Discrimination in Biological Motion Displays Based on Dynamic Cues. Proceedings of the Royal Society of London B. v.259, p.273-279.

Nakayama, K., Biological Image Motion Processing: a review. Vision Research, v.25, n.5, p.625-660, 1985.

Nather, F. C., & Bueno, J. L. O. Efeito de imagens estáticas com diferentes

representações de movimento sobre a percepção subjetiva de tempo. Psicologia:

Reflexão & Crítica, v.19, p. 217-224, 2006.

Nather, F. & Bueno, J., Static Images With Different Induced Intensities of Human Body Movements Affect Subjective Time. Perceptual and Motor Skills, v.113, n.1, p.157-170, 2011.

Nather, F., Mecca, F. F. Bueno, J. Motion illusions in optical art presented for long durations are temporally distorted. Perception, v.42, n.7, p.742-50, 2013.

Oldfield, R. C. The Assessment and Analysis of Handedness: the Edinburgh Inventory. Neuropsychologia, v.9, p.97-113, 1971.

Orgs, G. Bestmann, S. Schuur, F. Haggard, P. From Body to Biological Motion: Apparent Velocity of Human Movement Biases Subjective Time. Psychological Science, v.22, n.6, p.712-717, 2013.

Palmer, S. E., Vision Science – Photons to Phenomenology. Massachusetts Institute of Technology Press, 1999. Cap.10, p.465-518.

Perrone, J. A. & Thiele, A. Speed Skills: Measuring the Visual Speed Analyzing Properties of Primate MT Neurons. Nature Neuroscience, v.4, n.5, p.526-532, 2011.

Rizzolatti, G. & Craighero, L., The Mirror-Neuron System. Annu. Rev. Neurosci., v.27, p.169-192, 2004.

Roudaia, E.; Bennett, P. J.; Sekuler, A. B.; Pilz, K. S., Spatiotemporal Properties of Apparent Motion Perception and Aging. Journal of Vision, v.9, n.8, p.1-15, 2010.

Sasaki, K., Yamamoto, K., Miura, K. The Difference in Speed Sequence Influences Perceived Duration. Perception, v.42, p.198-207, 2013.

Shuler, M. G. H. Timing in the Visual Cortex and Its Investigation. Current option in Behavioral Science, v.8, p-73-77, 2016.

Soshi, T., Kuriyama, K., Aritake, S., Enomoto, M., Hids, A., Tamura, M., Kim, Y. Mishma, K. Sleep Deprivation Influences Diurnal Variation of Human Time Perception with Prefrontal Activity Change: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. PLOS One, v.5, n.1, p.1-7, 2010.

Tayama, T, & Aiba, T S. The influence of spatial attributes of stimuli upon time estimation. Hokkaido Behavioral Science Report (Series P, Supplement No. 28). (Em japonês com resumo em inglês.), 1982.

Thurman, S. M., Giese, M. A., Grossman, E. D. Perceptual and Computational Analysis of Critical Features for Biological Motion. Journal of Vision, v.10, n.12, p.1-14, 2010.

Treisman, M., Temporal Discrimination and the Indifference Interval. Implications for a Model of the Internal Clock. Psychological Monographs, v.77, p.1–31, 1963.

Vanrie, J. & Verfaillie, K. Perception of Biological Motion: A Stimulus Set Point-Light Action. Behaviour Research Methods, Instruments & Computer, v.36, n.4, p.625-629, 2004.

Williams, A. L. & Wright, M. J. Static Representation of Speed and Their Neural Correlates in Human Area MT/V5. Neuro Report, v.20, n.16, 2009.

Witt, S. T., Meyerand, M. E., & Laird, A. R., Functional Neuroimaging Correlates of Finger Tapping Task Variations: An Meta-Analysis. Neuroimage, v.42, n.2, p.343-356, 2008.

5.2. Links:

[*] Figura 1: adaptado de: <http://hyperallergic.com/162585/how-museums-affect-the-brain/>. Acesso 10/12/2016.

[**] Figura 2: adaptado do editor de montagem fornecido pela NIRx® através do nirsLAB.

[***] Figura B (Anexo B): adaptado de: https://citizenwoodward.wordpress.com /tag/animation/. Acesso 10/12/2016.

[#] Equação de Beer-Lambert: adaptado de <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0521270_10_cap_03.pdf>. Acesso 10/12/2016.

ANEXO A – EXPERIMENTO PILOTO

Introdução

O levantamento de alguns estudos que utilizaram representações do movimento (Bio e NBio) como estímulos visuais em tarefas de reprodução temporal mostrou que o efeito de superestimação temporal para maior quantidade de movimento percebida é consistente para diferentes durações de apresentação do estímulo (**Tabela A**).

Artigo	**Tipo de Movimento**	**Duração do Estímulo**		**Efeito de Superestimação**
		Mínima (s)	Máxima (s)	
Bonnet (1968) - apud Brown (1995)	Não Biológico	0,3	10,0	presente
Tayama e Aiba (1982) - apud Brown (1995)	Não Biológico	2,0	16,0	presente
Brown (1995)	Não Biológico	6,0	18,0	presente
Kanai et al (2006)	Não Biológico	0,2	1,0	presente
Nather e Bueno (2006)	Biológico	18,0	18,0	ausente
Nather e Bueno (2011)	Biológico	36,0	36,0	presente
Gavazzi et al (2013)	Biológico e Não Biológico	0,4	2,0	presente
Média: Duração do Estímulo		9,0	14,4	
Desvio Padrão: Duração do Estímulo		13,5	11,9	

Tabela A: Levantamento bibliográfico de estudos que usaram estímulos de movimento em tarefas de reprodução temporal.

Para a escolha da duração da apresentação do estímulo no estudo piloto foi verificado a duração de apresentação do estímulo utilizada em cada um dos estudos consultados (**Tabela A**). Foi feita a média entre as durações mínimas e máximas utilizadas em cada um dos estudos e calculado o desvio padrão das amostras (**Tabela A**). O valor escolhido para a duração de cada estímulo foi determinado de acordo com o menor desvio padrão entre as durações mínimas e máximas – as durações máximas apresentaram o menor desvio padrão. Portanto,

no experimento piloto, foi adotada a duração de 15 segundos, pois foi o maior valor inteiro mais próximo da média das durações máximas.

As taxas de amostragem de quadros escolhidas para o estudo piloto foram determinadas de forma arbitrária. Estudos como o de Nather e Bueno (2011) mostraram que um único quadro com representação estática de movimento sendo apresentado por 36 segundos causa distorções na percepção temporal. Enquanto que Gavazzi et al (2013) observou que a representação de movimento aparente (vários quadros por segundo) com durações menores (400ms – 2s) também causa distorções na percepção temporal. Por não haver estudos que apresentassem uma relação entre taxa de amostragem de quadros e percepção temporal, o presente piloto teve por objetivo testar o efeito de diferentes taxas de amostragem de quadros na percepção temporal utilizando os estímulos de movimento biológico (Bio) e formas geométricas (Formas) – (**Anexo A**).

Métodos

O número total de participantes deste experimento foi de 15 participantes (4 homens). Todos os estudantes universitários da Universidade Federal do ABC de diferentes cursos, com idade entre 18 e 32 anos (idade média: 22,5 ± 3,7), com visão normal ou corrigida e saudáveis.

Materiais

O experimento foi realizado no laboratório de cognição humana localizado no primeiro andar do bloco delta dentro da sala de Psicofísica II. Na sala de experimentação foi utilizado o computador desktop modelo DELL *Optiplex* 9010 com a tela de 23 polegadas, teclado convencional modelo DELL e *mouse* com *scroll*, uma mesa de suporte para CPU e uma cadeira. O programa para exibição de estímulos e coleta dos dados foi implementado no software *E-prime 2.0 Professional.*

Estímulos

Para a padronização dos estímulos de movimento biológico e forma foram criadas cinco sequências com durações fixas de quinze segundos e taxas de amostragem variadas de acordo com a representação na **Tabela B.**

Sequência	1	2	3	4	5
Taxa de Amostragem (qps)	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4

Tabela B: Taxas de amostragem dos estímulos Bio e Formas.

Procedimento

Os participantes foram conduzidos até a sala de experimentação e instruídos a se sentarem na frente do computador, à aproximadamente 50 cm de distância da tela. Após se acomodarem, o experimentador passou as instruções sobre a tarefa:

> *"Você está participando de um estudo de percepção de tempo e movimento, você assistirá alguns vídeos e deverá reproduzir a duração dos mesmos. Todas as instruções a respeito de como reproduzir a duração dos vídeos serão apresentadas a você durante a tarefa, mas resumidamente: você verá algumas telas de instruções iniciais, e o primeiro vídeo será iniciado assim que você apertar a tecla espaço, após ter lido as instruções da tela. Assim que a apresentação do vídeo for finalizada você deverá apertar a tecla "+" para iniciar a contagem do tempo. Durante a contagem, feita pelo computador, você verá uma cruz preta no centro da tela. Quando você julgar que o tempo decorrido desde que você apertou a tecla "+", foi equivalente ao tempo que durou o vídeo que você assistiu, aperte a tecla "ENTER" para finalizar contagem do tempo. Quando estiver preparado para assistir ao vídeo seguinte, aperte a tecla "Espaço".*
>
> *Após as reproduções da duração de cada vídeo, você verá os vídeos de movimento biológico novamente, porém, desta vez, você deverá atribuir um valor de 1 a 10 de acordo com a quantidade de movimento percebida por você em cada vídeo, sendo 1 pouco movimento e 10 muito movimento."*

Os indivíduos foram treinados com três vídeo-estímulos de formas geométricas com duração de 5 segundos. Após o treino, os participantes foram questionados sobre possíveis

dúvidas quanto ao procedimento para a execução da tarefa, os participantes eram novamente instruídos em caso de dúvidas. Os participantes observaram os dez vídeos (cinco da categoria Formas e cinco da categoria Bio) e reproduziram a duração de cada um deles uma única vez. A ordem de apresentação dos estímulos era randomizada para cada indivíduo (**Figura A**).

Após completar a tarefa de reprodução temporal, os indivíduos observaram novamente os vídeos randomizados e, após a apresentação de cada um, classificaram a intensidade do movimento percebida cada vídeo de movimento Bio. A classificação era feita numa escala de 10 pontos (1 = pouco movimento e 10 = muito movimento).

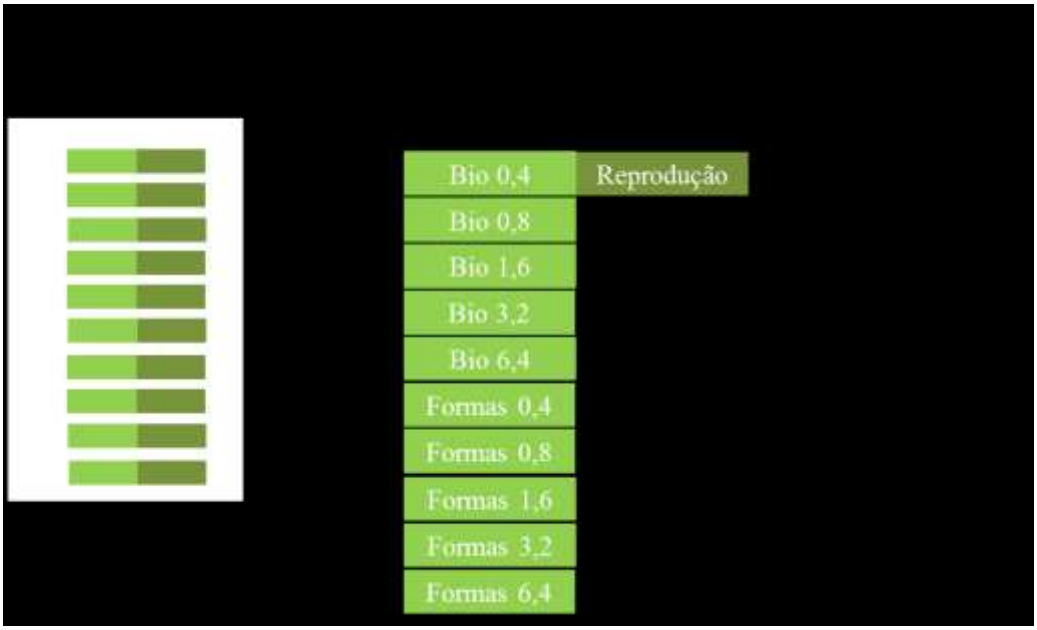


Figura A: Representação da estrutura do código de apresentação da tarefa. vídeo-estímulo de 15s, tempo para reprodução da duração.

Resultados – Piloto

As médias da reprodução temporal dos participantes estão apresentadas na **Tabela C** e **Figura B** e as médias da pontuação na escala de movimento estão apresentadas na **Tabela D e Figura C.**

	0,4	**0,8**	**1,6**	**3,2**	**6,4**
Formas (s)	15,48±1,77	15,65±1,92	16,18±2,43	15,88±2,79	16,44±3,79
Bio (s)	15,96±3,21	14,54±2,58	15,04±2,29	15,24±1,59	16,15±2,07

Tabela C: Média e Desvio Padrão da reprodução temporal dos estímulos de movimento biológico e formas geométricas.

Uma análise qualitativa dos dados mostra um aumento dos valores de desvio padrão (DP) com o aumento na taxa de amostragem de quadros para as condições de Formas, enquanto que os valores do DP diminuem com o aumento na taxa de amostragem de quadros para as condições de movimento Bio.

Para os dados de reprodução temporal foi utilizada uma regressão linear das médias de reprodução temporal pela taxa de amostragem dos estímulos.

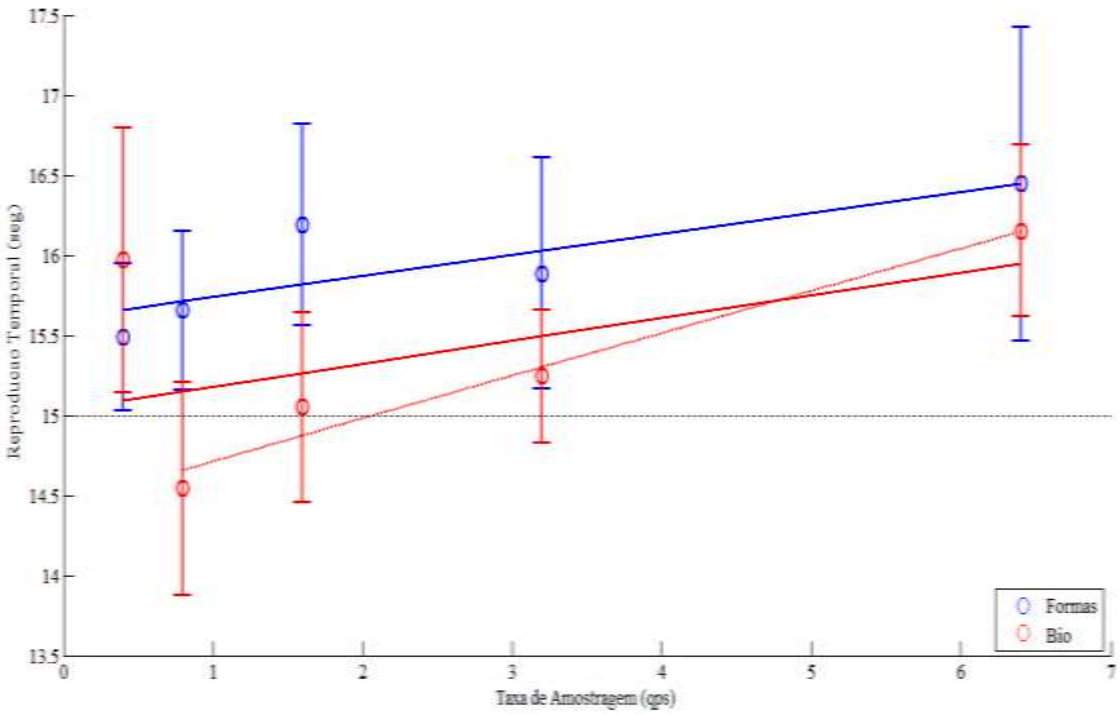


Figura B : Representação da tendência das médias de reprodução temporal dos estímulos de formas e movimento pela taxa de amostragem de quadros. Formas são as médias da reprodução temporal dos 15 indivíduos para cada taxa de amostragem dos estímulos de formas geométricas, e reta azul é a curva aproximada da tendência das médias. Bio são as médias da reprodução temporal dos 15 indivíduos para cada taxa de amostragem dos estímulos de movimento biológico, e reta vermelha é a curva aproximada da tendência das médias. A reta vermelha pontilhada mostra a curva ajustada aos pontos das médias de movimento Bio, desconsiderando a primeira frequência (0,4).

A regressão linear dos dados de reprodução temporal para as condições Bio e NBio foi calculada por um teste de Wilcoxon para uma amostra nos coeficientes de correlação individuais entre tempo reproduzido e taxa de amostragem. O resultado da regressão mostrou uma correlação positiva entre taxa de amostragem e duração percebida de cada um dos cinco estímulos para o movimento Bio – desconsiderando a primeira condição (taxa de amostragem = 0,4), coeficiente de correlação médio = 0,40, std = 0,47; signedrank = 104, p = 0,01. Não foi encontrada uma correlação entre tempo reproduzido e taxa de amostragem de quadros quando considerada as cinco condições de movimento biológico (0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,4), coeficiente de correlação médio = 0,23, std = 0,36; signedrank = 85, p = 0,16. Para a condição Formas,

também não foi encontrada uma correlação entre a taxa de amostragem de quadros e o tempo reproduzido, coeficiente de correlação médio = 0,17, std = 0,61; signedrank = 83, p = 0,21.

Durante o experimento também foi pedido para que cada indivíduo pontuasse os estímulos de movimento numa escala de 10 pontos, com a finalidade de observar se o incremento na taxa de amostragem realmente leva a uma maior percepção de movimento.

Condições Bio (qps)	**0,4**	**0,8**	**1,6**	**3,2**	**6,4**
(Média* ± DP) *Escala					
Pontuação	2,87 ± 1,78	4,07 ± 1,56	4,6 ± 1,28	5,74 ± 1,08	7,02 ± 0,80

Tabela D: Média e Desvio Padrão da pontuação de movimento subjetivo na escala de 10 pontos

As médias e os desvios-padrão foram adquiridos pelos dados dos 15 participantes do experimento. Como pode ser observado na **Tabela D**, o aumento na taxa de amostragem de quadros mostrou um consequente aumento na percepção de movimento, como era esperado. A análise inferencial destes dados foi realizada por meio de uma regressão linear dos pontos das médias, como apresentado na **Figura C**.

Foi encontrada uma forte correlação positiva entre a taxa de amostragem de quadros e a pontuação da quantidade de movimento atribuída a cada estímulo de movimento biológico. O valor da regressão linear foi obtido por um teste de Wilcoxon para uma amostra aplicado aos coeficientes de correlação entre as pontuações e as taxas de amostragens dos estímulos para cada indivíduo, coeficiente de correlação médio = 0,81, std = 0,22; signedrank = 120, p<0,01. Não foi encontrada correlação nem entre a pontuação na escala de movimento e o tempo reproduzido por indivíduo – considerando as cinco condições, coeficiente de correlação médio = 0,09, std = 0,43, signedrank = 74, p=0,45, nem desconsiderando a primeira condição de movimento biológico, coeficiente de correlação médio = 0,27, std=0,47, signedrank=93, p=0,063. Uma análise qualitativa dos resultados feita a partir da observação dos dados da **Tabela D** indica que quanto mais alta a taxa de amostragem de quadros, menor

é o desvio padrão (DP) da amostra, indicando uma diminuição na incerteza do valor médio da pontuação quanto maior a intensidade do movimento.

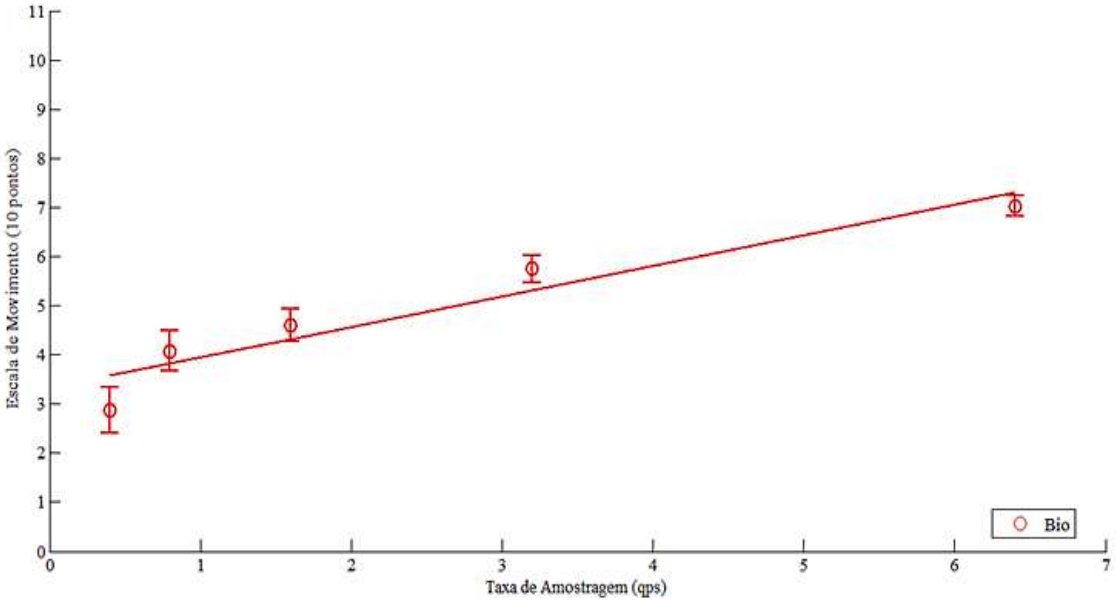


Figura D: Representação das médias com barras de erro padrão e da curva de tendência linear dos pontos da pontuação na escala de movimento pela taxa de amostragem de quadros (r^2=0,5).

Discussão

O intervalo entre as taxas de amostragem 0,4 e 0,8 qps apresentou um resultado oposto aos resultados apresentados na literatura, em que o aumento na taxa de velocidade aparente do estímulo (por meio do aumento na taxa de amostragem) levou a uma subestimação do intervalo, quando comparado à condição de menor taxa de amostragem (menos velocidade aparente) (Bonnet, 1968 - apud Brown, 1995, Tayama e Aiba, 1982 - apud Brown, 1995, Brown, 1995, Kanai et al, 2006, Gavazzi et al, 2013). Esse resultado poderia sugerir que a percepção de tempo para estímulos com taxas de amostragem intermediárias entre 0,4 e 0,8 qps pode ser diferente da percepção de tempo para estímulos com taxas de amostragem superiores a 0,8 qps. No experimento principal I essa questão foi explorada por meio da observação da percepção temporal de estímulos com taxa de amostragem entre 0,4 e 0,8 qps. Além disso, no experimento principal I, os limites de taxa de amostragem utilizados no experimento piloto foram extrapolados inferior e superiormente, isso é, foram adicionados estímulos com taxas de amostragem menores que 0,4 qps e maiores que 6,4 qps.

Os resultados qualitativos da reprodução temporal mostram uma divergência na relação do desvio padrão com o aumento da taxa de amostragem de quadros para estímulos de movimento Bio e Formas. Diferente do que foi mostrado por Gavazzi et al, (2013), os resultados deste experimento mostraram que a tendência do desvio padrão não é similar entre movimento Bio e NBio para diferentes taxas de amostragem. Gavazzi et al, (2013) mostrou que o valores de DP aumentam quanto mais lento é o movimento, o resultado do experimento piloto mostra-se consistente com os achados de Gavazzi para estímulos de movimento biológico, mas não para estímulos de Formas. Isso pode ser explicado pelo fato de que as condições de estímulo Formas não representam um movimento aparente por mudanças espaciais contínuas entre quadros, cada quadro tem propriedades espaciais bem distintas entre o anterior e o seguinte, portanto a sequência de apresentação não é capaz de produzir percepção de movimento aparente e contínuo.

O resultado da escala de movimento do experimento I evidencia que, para um número fixo de quadros que compõe a representação de um movimento completo formando um ciclo de movimento, o incremento da taxa de amostragem de quadros leva a uma maior percepção de intensidade movimento para o estímulo de movimento biológico, como proposto inicialmente (Palmer, 1999).

Anexo B – Rotina de criação dos estímulos

As imagens que compuseram os Estímulos de Formas (EF) foram formadas com auxilio da ferramenta de criação de imagens do Power Point. As imagens selecionadas para compor cada estímulo estão representadas pela **Figura A**. Todas as imagens foram criadas com a mesma altura, largura e espessura de contorno (altura: 8 cm, largura: 8 cm, espessura: 3 pt).

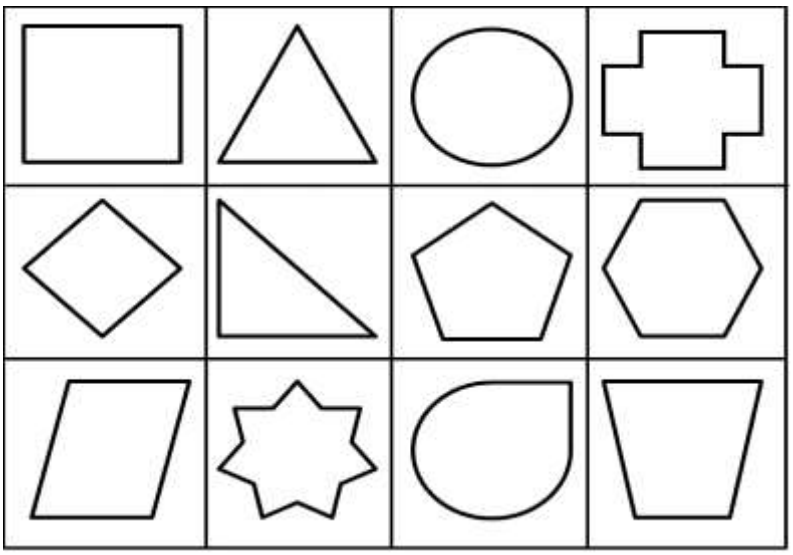


Figura A: Quadros que compõe o estímulo de formas (EF).

Os estímulos de movimento biológico (Bio) foram baseados na imagem encontrada no website de design gráfico Citizen Wood Ward [***]. A imagem principal foi fragmentada em 12 frames (**Figura B)** e passou por um tratamento de imagem para ajuste de brilho, contraste, contorno e tamanho, para se adequar aos padrões de imagem definidos para os estímulos (EF). A altura de cada frame dos estímulos Bio foi fixada em 8cm e espessura de contorno em 3pt.

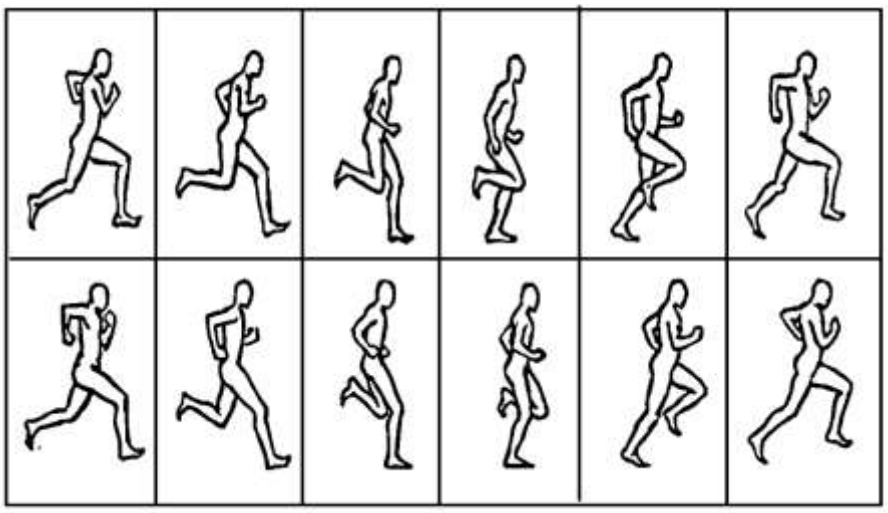


Figura B: Quadros que compõe o estímulo de movimento biológico (Bio) [***].

As imagens que compuseram os estímulos não biológico (NBio) foram formadas com auxilio da ferramenta de criação de imagens do Power Point. As imagens selecionadas para compor cada estímulo estão representadas pela (**Figura C**). As imagens de cada quadro foram criadas a partir do estímulo de movimento biológico descrito anteriormente e, a cada novo frame, a barra era rotacionada de acordo com a sequência apresentada na (**Figura D)** (altura: 8 cm, largura: 8 cm, espessura: 3 pt). Para a criação da rotação dos estímulos NBio, foram considerados os argumentos de Nather e Bueno (2011) sobre assimetria e complexidade da imagem. Os retângulos apresentam sua rotação de acordo com a posição mais assimétrica dos membros do corpo de cada quadro de movimento Bio (**Figura D**).

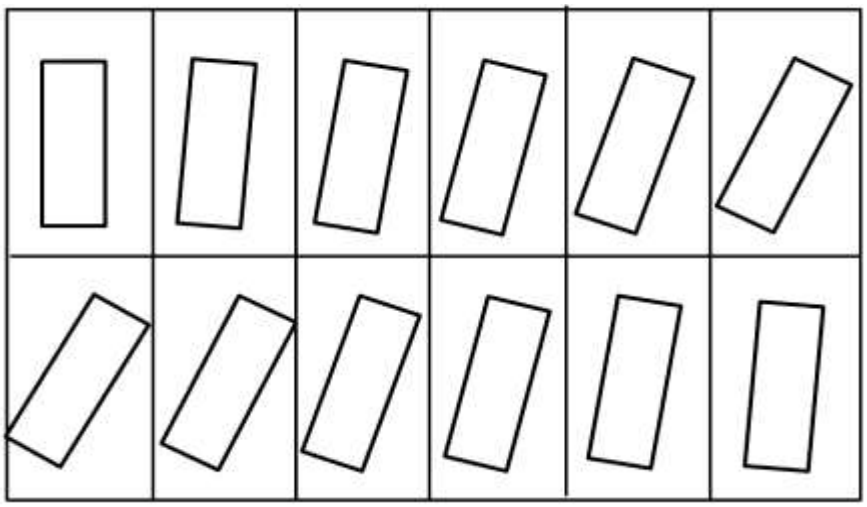


Figura C: Quadros que compõe o estímulo de movimento não biológico (NBio).

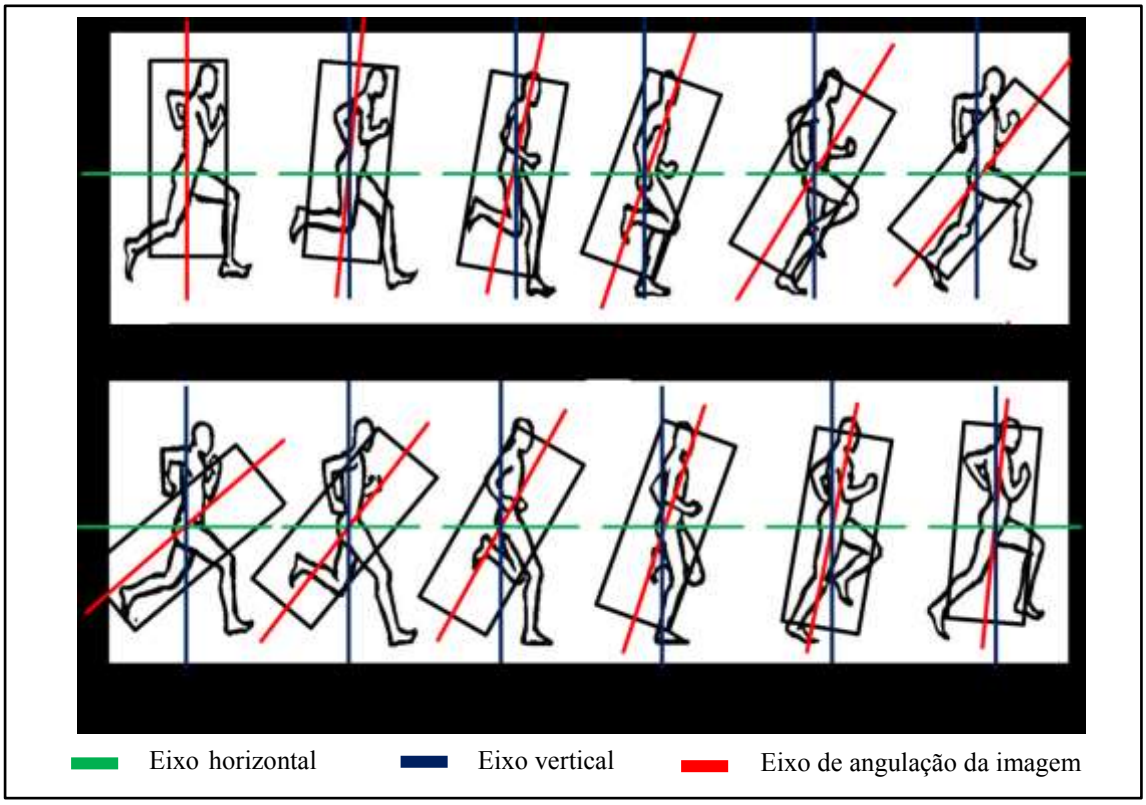


Figura D: Criação dos quadros do estímulo NBio por sobreposição dos quadros de estímulo Bio. O eixo de angulação da imagem mostra da distância angular entre o eixo vertical original e novo eixo vertical do retângulo em cada quadro.

Os vídeos foram montados a partir do sequenciamento de todos os frames que compunham os estímulos. No experimento piloto, as sequências de frames foram convertidas da extensão de apresentação .pptx para a extensão de vídeo .avi. Todos os vídeos foram inseridos no programa de coleta *E-prime Professional 2.0*, que apresentou todos os estímulos de forma randomizada e registrou a resposta entrada pelo teclado. Nos experimentos I e II o sequenciamento de imagem e apresentação do estímulo foi realizada diretamente nos softwares de apresentação *E-prime Professional 2.0* (experimento I) ou MATLAB R2013a (experimento II).

Anexo C

Experimento I – Entrevista

Entrevista

Nome: _____

Sexo: _____ Idade: _____

Acuidade Visual: _____

Qual estratégia você utilizou para estimar a duração de cada sequência?

_____

_____

_____

Você pratica atividade física? O que?

_____

_____

Sentiu-se cansado(a) durante o experimento?

_____

_____

Gostaria de fazer alguma observação?

_____

_____

_____

_____

Experimento II – Entrevista

Entrevista

Nome: _____

Sexo: _____ Idade: _____

Acuidade Visual: _____

Qual estratégia você utilizou para estimar a duração de cada sequência?

_____

Pratica atividade física? O que?

_____

Possui histórico de doença psiquiátrica ou neurológica (i.e. depressão, epilepsia)? O que?

_____

Faz uso crônico de medicamento? Qual?

_____

Ingeriu qualquer substância na hora anterior ao experimento? Qual(is)?

_____

Sentiu-se cansado(a) durante o experimento?

_____

Observação:

_____

_____

_____

Anexo D – Resultados da Análise de Correlação dos Dados Hemodinâmicos

TEMPO												
Observação do Estímulo												
	0 - 15 s						5 - 15 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	0,04	0,11	0,18	0,04	-0,24	0,19	0,03	0,16	0,23	0,14	-0,18	0,09
Desvio Padrão	0,57	0,50	0,53	0,50	0,44	0,53	0,54	0,51	0,59	0,51	0,45	0,54
P-valor	0,76	0,41	0,26	0,64	0,04	0,14	0,90	0,15	0,16	0,19	0,17	0,47
Estatística: Signedrank	57,50	66,00	100,00	77,00	32,00	107,00	62,50	106,50	106,00	104,00	35,00	91,50
ESQUERDA												
Média	0,18	0,22	0,16	0,15	-0,03	-0,08	0,08	0,25	0,21	0,17	-0,03	-0,04
Desvio Padrão	0,43	0,44	0,47	0,56	0,54	0,44	0,50	0,52	0,50	0,54	0,51	0,41
P-valor	0,09	0,06	0,14	0,25	0,85	0,43	0,49	0,07	0,10	0,16	0,77	0,52
Estatística: Signedrank	112,50	105,00	107,50	90,00	64,50	60,00	91,00	114,00	110,00	95,00	70,50	63,00
BILATERAL												
Média	0,18	0,22	0,15	0,09	-0,09	0,18	0,12	0,29	0,18	0,12	-0,02	0,18
Desvio Padrão	0,44	0,56	0,49	0,53	0,54	0,43	0,54	0,49	0,54	0,50	0,50	0,36
P-valor	0,11	0,12	0,17	0,47	0,46	0,08	0,27	0,02	0,19	0,22	0,97	0,11
Estatística: Signedrank	98,00	98,00	84,00	91,50	54,00	112,50	99,50	110,00	104,00	102,00	67,50	110,00

TEMPO												
Reprodução Temporal												
	0 - 9 s						5 - 9 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	-0,02	0,04	-0,01	-0,10	-0,18	0,05	0,02	-0,05	-0,12	-0,11	-0,09	0,01
Desvio Padrão	0,52	0,54	0,55	0,59	0,49	0,57	0,46	0,52	0,55	0,59	0,52	0,59
P-valor	0,73	0,65	0,93	0,61	0,11	0,73	0,95	0,69	0,42	0,51	0,46	0,99
Estatística: Signedrank	53,50	76,50	66,50	51,00	38,00	83,50	67,00	6,50	59,50	48,00	61,00	60,50
ESQUERDA												
Média	0,08	-0,11	0,08	0,06	0,00	0,12	-0,02	-0,11	0,05	-0,01	-0,05	0,19
Desvio Padrão	0,45	0,53	0,56	0,51	0,59	0,47	0,46	0,51	0,58	0,44	0,58	0,33
P-valor	0,97	0,25	0,60	0,53	0,96	0,28	0,47	0,48	0,64	0,83	0,75	0,02
Estatística: Signedrank	68,50	52,50	78,00	89,50	77,50	79,50	54,00	54,50	68,50	56,00	62,00	98,50
BILATERAL												
Média	0,01	-0,04	0,02	-0,02	-0,19	0,15	-0,01	-0,09	-0,07	-0,04	-0,14	0,11
Desvio Padrão	0,50	0,50	0,56	0,49	0,58	0,46	0,44	0,45	0,64	0,52	0,54	0,43
P-valor	0,94	0,56	0,77	0,77	0,15	0,22	0,63	0,45	0,63	0,73	0,30	0,35
Estatística: Signedrank	58,60	57,00	82,50	70,50	40,00	84,00	59,00	53,50	59,00	53,50	55,00	86,00

ESCALA												
	Observação do Estímulo											
	0 - 15 s						5 - 15 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	-0,07	0,22	0,07	0,16	-0,16	0,01	0,04	0,24	0,09	0,23	-0,04	-0,02
Desvio Padrão	0,61	0,51	0,63	0,48	0,49	0,65	0,59	0,56	0,58	0,44	0,45	0,63
P-valor	0,83	0,09	0,56	0,16	0,18	0,92	0,73	0,08	0,41	0,04	0,67	0,86
Estatística: Signedrank	64,00	111,00	79,00	94,50	48,50	78,50	74,50	113,00	75,00	118,00	60,00	73,00
ESQUERDA												
Média	0,10	0,19	0,14	0,25	-0,11	0,05	0,11	0,11	0,17	0,30	-0,05	0,07
Desvio Padrão	0,56	0,47	0,48	0,48	0,51	0,65	0,56	0,53	0,45	0,38	0,58	0,52
P-valor	0,53	0,21	0,23	0,05	0,30	0,87	0,42	0,51	0,11	0,01	0,73	0,60
Estatística: Signedrank	80,00	64,00	91,00	106,00	55,00	63,00	93,50	63,50	98,00	117,00	69,50	78,00
BILATERAL												
Média	0,18	0,22	0,06	0,20	-0,10	0,11	0,12	0,29	0,12	0,31	0,06	-0,01
Desvio Padrão	0,44	0,56	0,54	0,48	0,49	0,55	0,54	0,49	0,51	0,41	0,52	0,50
P-valor	0,11	0,12	0,51	0,09	0,33	0,42	0,27	0,03	0,30	0,00	0,60	0,99
Estatística: Signedrank	98,00	98,00	80,50	100,00	49,50	74,50	99,50	110,00	88,00	111,00	78,00	76,50

ESCALA												
	Reprodução Temporal											
	0 - 9 s						5 - 9 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	0,17	-0,06	0,17	-0,31	-0,20	0,14	0,21	-0,02	0,02	-0,27	-0,12	0,14
Desvio Padrão	0,62	0,63	0,57	0,52	0,53	0,60	0,54	0,59	0,50	0,51	0,48	0,61
P-valor	0,24	0,74	0,19	0,04	0,11	0,36	0,12	0,91	0,75	0,06	0,30	0,27
Estatística: Signedrank	90,50	69,50	104,00	32,00	37,00	95,60	109,00	66,00	74,00	36,00	48,00	99,50
ESQUERDA												
Média	0,18	-0,07	0,14	0,00	0,06	-0,11	0,06	-0,03	0,04	-0,19	0,11	-0,06
Desvio Padrão	0,34	0,46	0,54	0,44	0,64	0,63	0,52	0,57	0,52	0,57	0,48	0,59
P-valor	0,02	0,74	0,30	0,79	0,70	0,63	0,58	0,77	0,65	0,20	0,32	0,75
Estatística: Signedrank	98,00	47,00	88,00	73,00	84,50	66,50	88,00	62,50	76,50	50,00	87,00	62,00
BILATERAL												
Média	0,12	-0,07	0,20	-0,20	-0,15	-0,01	0,08	-0,09	0,04	-0,27	-0,06	-0,08
Desvio Padrão	0,49	0,51	0,56	0,48	0,58	0,62	0,55	0,50	0,61	0,55	0,41	0,61
P-valor	0,44	0,53	0,15	0,10	0,25	0,94	0,53	0,50	0,15	0,06	0,63	0,55
Estatística: Signedrank	74,00	56,00	106,00	37,00	46,00	75,00	80,00	57,00	106,50	36,00	66,50	64,00

TAXA DE AMOSTRAGEM												
	Observação do Estímulo											
	0 - 15 s						5 - 15 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	-0,08	0,25	0,06	0,15	-0,15	0,03	0,01	0,29	0,12	0,26	-0,08	-0,04
Desvio Padrão	0,56	0,46	0,63	0,47	0,47	0,61	0,56	0,49	0,61	0,40	0,50	0,60
P-valor	0,62	0,04	0,58	0,20	0,21	0,84	0,97	0,02	0,24	0,02	0,42	0,73
Estatística: Signedrank	58,50	119,00	78,50	92,50	50,50	80,50	68,50	111,00	81,00	125,00	52,50	69,50
ESQUERDA												
Média	0,11	0,19	0,18	0,23	-0,13	0,09	0,11	0,18	0,19	0,32	-0,09	0,05
Desvio Padrão	0,54	0,46	0,52	0,46	0,53	0,57	0,57	0,50	0,48	0,32	0,63	0,45
P-valor	0,37	0,12	0,18	0,07	0,26	0,53	0,40	0,18	0,10	0,00	0,52	0,45
Estatística: Signedrank	85,00	68,00	93,50	103,00	53,00	71,50	94,00	65,00	111,00	126,00	63,00	82,50
BILATERAL												
Média	0,06	0,26	0,11	0,17	-0,12	0,14	0,12	0,28	0,17	0,31	0,01	0,01
Desvio Padrão	0,53	0,42	0,59	0,47	0,51	0,50	0,61	0,49	0,56	0,37	0,59	0,46
P-valor	0,60	0,03	0,29	0,14	0,31	0,28	0,51	0,03	0,20	0,01	0,97	0,77
Estatística: Signedrank	78,00	97,00	88,00	96,00	48,50	79,50	72,00	123,00	92,00	121,00	67,50	82,50

TAXA DE AMOSTRAGEM												
	Reprodução Temporal											
	0 - 9 s						5 - 9 s					
	Htot		Oxy		DeOxy		Htot		Oxy		DeOxy	
DIREITA	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*	*Bio*	*Nbio*
Média	0,14	-0,08	0,12	-0,36	-0,12	0,19	0,14	-0,07	-0,06	-0,26	-0,02	0,19
Desvio Padrão	0,56	0,58	0,52	0,53	0,54	0,54	0,57	0,53	0,48	0,51	0,50	0,55
P-valor	0,35	0,60	0,32	0,02	0,34	0,18	0,25	0,68	0,49	0,06	0,87	0,14
Estatística: Signedrank	86,00	58,00	97,50	29,00	56,50	93,00	90,00	50,50	55,00	35,00	65,00	107,00
ESQUERDA												
Média	0,13	-0,08	0,08	-0,07	0,13	-0,14	-0,01	-0,08	-0,04	-0,22	0,18	-0,08
Desvio Padrão	0,37	0,44	0,51	0,48	0,60	0,55	0,58	0,49	0,52	0,57	0,49	0,50
P-valor	0,20	0,70	0,56	0,58	0,36	0,29	0,94	0,53	0,81	0,11	0,10	0,51
Estatística: Signedrank	83,00	46,00	79,00	57,50	85,00	54,50	78,00	56,00	63,50	42,00	99,00	48,00
BILATERAL												
Média	0,12	-0,07	0,13	-0,25	-0,07	0,02	0,08	-0,09	-0,05	-0,28	0,05	-0,07
Desvio Padrão	0,49	0,51	0,53	0,50	0,56	0,55	0,55	0,50	0,62	0,54	0,46	0,52
P-valor	0,44	0,53	0,32	0,06	0,65	0,92	0,53	0,53	0,77	0,04	0,56	0,53
Estatística: Signedrank	74,00	56,00	87,00	31,50	51,50	78,50	80,00	56,00	62,00	34,00	88,50	63,50

Legenda das Tabelas

Legenda	
0,00	P-valor significativo para a amostra de Oxi-Hb, Hb ou Hbtotal, mas não sobrevive a correção por múltiplas comparações.
0,00	P-valor significativo mesmo após correção por múltiplas comparações.
0,00	Média com p-valor significativo.
0,00	Valores não significativos.

Anexo E – Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLEs)

TCLE - Grupo A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

NOME: .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : ..... SEXO : M □ F □

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO ..... Nº ..... APTO: .....

BAIRRO: ..... CIDADE .....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....).....

Rubrica do participante _____Rubrica do responsável _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar voluntariamente do estudo "Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal", que visa verificar as respostas comportamentais e hemodinâmicas durante uma tarefa de percepção temporal. Serão utilizadas como estímulos dez sequências de imagens com diferentes taxas de amostragem de quadros de movimento biológico e não biológico (o movimento biológico é representado por meio de imagens do contorno de um corpo humano realizando movimentos de corrida. O não biológico são imagens de um retângulo). Isso ocorrerá por meio de registros da estimação temporal das sequências expostas aos voluntários. Maiores informações sobre a tarefa que você realizará neste projeto encontram-se abaixo. Pedimos que você leia este documento com atenção. Se tiver alguma dúvida, pergunte ao pesquisador. Caso aceite participar, você deve assinar e datar este documento, recebendo então uma cópia também assinada e datada. Caso faça uso de lentes de contato ou óculos corretivos da visão, pedimos que os utilize para que assim possamos ter um maior aproveitamento do experimento, além de resultados mais confiáveis.

Realização do teste

O teste consiste em uma tarefa de reprodução temporal. Sua tarefa será reproduzir o tempo em que os estímulos permanecerão na tela através das teclas de um teclado de computador. As sequências de imagens aparecerão randomicamente na tela e após o tempo de permanência, uma nova tela aparecerá com instruções para dar início à estimação. Você deverá, então, apertar a tecla “a” do teclado para iniciar a estimação e a tecla “l” para finalizá-la.

Segue o procedimento detalhado a ser adotado:

1) Realização da tarefa em ambiente isolado de luminosidade externa e ruídos;
2) Entrevista simples sobre dados pessoais.
3) Feedback com relação ao desempenho do participante.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

A realização do teste pode variar de 45-60 minutos. Não há previsão de qualquer dano à saúde causado pelos procedimentos adotados nesta pesquisa. O participante pode ficar um pouco cansado devido ao tempo de realização do teste.

Não há benefício direto para o participante. Mas por se tratar de um estudo experimental, você estará ajudando a entender as estratégias comportamentais que adotamos em tarefas de percepção temporal. Graças à sua participação, da qual não podemos conceder recompensa financeira, aprenderemos mais sobre como utilizamos informações do ambiente sobre o tempo para guiar nossas ações. Os dados e informações coletados serão mantidos em sigilo e serão divulgados em anonimato total.

Em qualquer etapa ou momento do estudo, você poderá pedir informações aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O pesquisador responsável é o Prof. Dr. Marcelo Salvador Caetano, que pode ser encontrado na sala 271 do Bloco Delta no campus da UFABC de São Bernardo do Campo, localizado na Rua Arcturus, n. 03, CEP: 09.606-070; pelo telefone (11) 2320-6296; ou pelo endereço de e-mail: marcelo.caetano@ufabc.edu.br.

Em caso de intercorrências clínicas ou reações adversas, você deve procurar um serviço de saúde. Se você tiver dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo e/ou insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFABC, situado na Av. dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar, Bairro Bangu em Santo André, ou pelo telefone (11) 3356-7632. Ou pelo e-mail, cep@ufabc.edu.br.

O Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando assegurar a proteção, a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar do participante da pesquisa.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

Você tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.
Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo, quando existirem, exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.
Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dano pessoal comprovadamente causado pelos procedimentos deste estudo, você tem direito de solicitar indenizações legalmente estabelecidas.
Os dados e os materiais coletados serão utilizados somente para esta pesquisa.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

DECLARAÇÃO

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo " Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal ". Eu ME INFORMEI com o Dr., Prof. ou pesquisador Marcelo Salvador Caetano ou Giuliana Martinatti Giorjiani sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no atendimento que recebo nesta instituição.

Assinatura do participante/representante legal

Data / /

Assinatura do responsável pelo estudo

Data / /

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

TCLE - Grupo B

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

NOME: .....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : ..... SEXO : M □ F □

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO ..... Nº ..... APTO: .....

BAIRRO: ..... CIDADE .....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....).....

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar voluntariamente do estudo "Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal", que visa verificar as respostas comportamentais e hemodinâmicas durante uma tarefa de percepção temporal. Serão utilizadas como estímulos dez sequências de imagens com diferentes taxas de amostragem de quadros de movimento biológico e não biológico (o movimento biológico é representado por meio de imagens do contorno de um corpo humano realizando movimentos de corrida. O não biológico são imagens de um retângulo). Isso ocorrerá por meio de registros da estimação temporal das sequências expostas aos voluntários e contará com o registro simultâneo de atividade cortical hemodinâmica (atividade cortical indicada pelo fluxo sanguíneo em determinada região) pelo *Near-Infrared Spectroscopy* (NIRS). Maiores informações sobre a tarefa que você realizará neste projeto encontram-se abaixo. Pedimos que você leia este documento com atenção. Se tiver alguma dúvida, pergunte ao pesquisador. Caso aceite participar, você deve assinar e datar este documento, recebendo então uma cópia também assinada e datada. Caso faça uso de lentes de contato ou óculos corretivos da visão, pedimos que os utilize para que assim possamos ter um maior aproveitamento do experimento, além de resultados mais confiáveis.

Realização do teste

O teste consiste em uma tarefa de reprodução temporal. Sua tarefa será reproduzir o tempo em que os estímulos permanecerão na tela através das teclas de um teclado de computador. As sequências de imagens aparecerão randomicamente na tela e após o tempo de permanência, uma nova tela aparecerá com instruções para dar início à estimação. Você deverá, então, apertar a tecla “a” do teclado para iniciar a estimação e a tecla “l” para finalizá-la.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

Segue o procedimento detalhado a ser adotado:

1) Fixação do optodos e receptores;
2) Sincronização do NIRS e MATLAB;
3) Realização da tarefa em ambiente isolado de luminosidade externa e ruídos;
4) A realização do teste pode variar de 60-90 minutos. Não há previsão de qualquer dano à saúde causado pelos procedimentos adotados nesta pesquisa. O participante pode ficar um pouco cansado devido ao tempo de realização do teste e a touca com os cabos pode causar um leve desconforto.
5) Após a coleta a touca será removida e o participante acompanhado até o tanque de lavagem.
6) Entrevista simples sobre os dados pessoais.

Não há benefício direto para o participante. Mas por se tratar de um estudo experimental, você estará ajudando a entender as estratégias comportamentais que adotamos em tarefas de percepção temporal. Graças à sua participação, da qual não podemos conceder recompensa financeira, aprenderemos mais sobre como utilizamos informações do ambiente sobre o tempo para guiar nossas ações. Os dados e informações coletados serão mantidos em sigilo e serão divulgados em anonimato total.

Em qualquer etapa ou momento do estudo, você poderá pedir informações aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O pesquisador responsável é o Prof. Dr. Marcelo Salvador Caetano, que pode ser encontrado na sala 271 do Bloco Delta no campus da UFABC de São Bernardo do Campo, localizado na Rua Arcturus, n. 03, CEP: 09.606-070; pelo telefone (11) 2320-6296; ou pelo endereço de e-mail: marcelo.caetano@ufabc.edu.br.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

Em caso de intercorrências clínicas ou reações adversas, você deve procurar um serviço de saúde. Se você tiver dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo e/ou insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFABC, situado na Av. dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar, Bairro Bangu em Santo André, ou pelo telefone (11) 3356-7632. Ou pelo e-mail, cep@ufabc.edu.br.

Comitê de Ética é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando assegurar a proteção, a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar do participante da pesquisa.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição.

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante.

Você tem direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo, quando existirem, exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dano pessoal comprovadamente causado pelos procedimentos deste estudo, você tem direito de solicitar indenizações legalmente estabelecidas.

Os dados e os materiais coletados serão utilizados somente para esta pesquisa.

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

DECLARAÇÃO

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou que

foram lidas para mim, descrevendo o estudo " Respostas corticais hemodinâmicas a estímulos de movimento aparente durante tarefas de percepção temporal ". Eu ME INFORMEI com o Dr., Prof. ou pesquisador Marcelo Salvador Caetano ou Giuliana Martinatti Giorjiani sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no atendimento que recebo nesta instituição.

Assinatura do participante/representante legal

Data / /

Assinatura do responsável pelo estudo

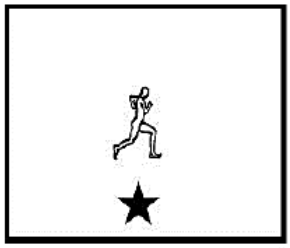
Data / /

Rubrica do participante _____ Rubrica do responsável _____

Anexo F – Escala de intensidade de movimento e naturalidade.

FOLHA 1

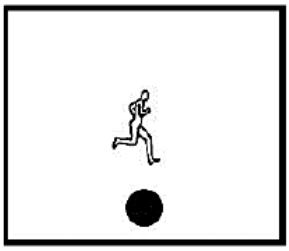
Nome Data



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

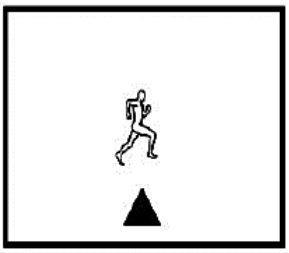
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

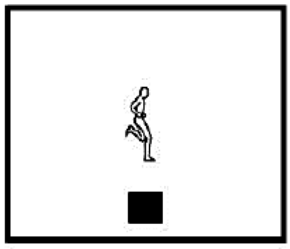
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

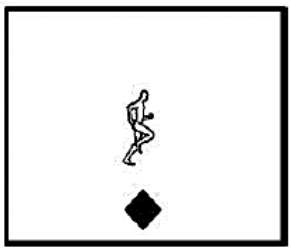
Quantidade de Movimento

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



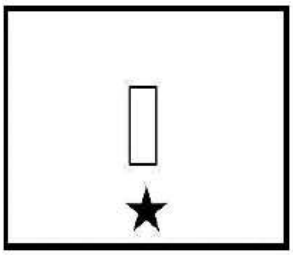
Quantidade de Movimento

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



Quantidade de Movimento

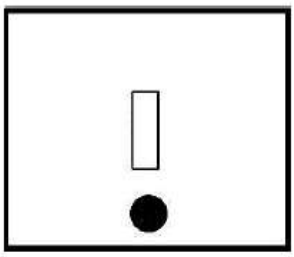
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

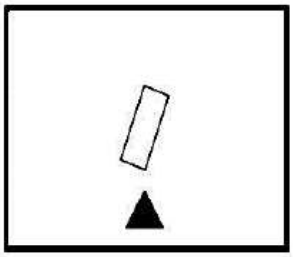
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

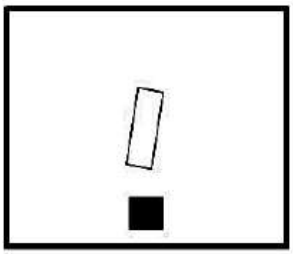
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

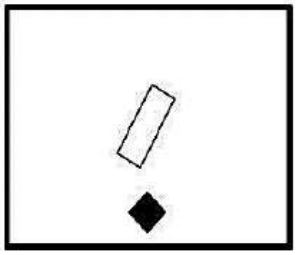
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10



☐ Lento ☐ Normal ☐ Rápido

Quantidade de Movimento

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10