# Luana Lira Righi

# Características do efeito da atenção intermodal automática

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

## Luana Lira Righi

# Características do efeito da atenção intermodal automática

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiologia Humana

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle

Versão corrigida. A versão original eletrônica encontra-se disponível tanto na Biblioteca do ICB quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

# DADOS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP) Serviço de Biblioteca e Informação Biomédica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

reprodução não autorizada pelo autor

Righi, Luana Lira.

Características do efeito da atenção intermodal automática / Luana Lira Righi. -- São Paulo, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. Departamento de Fisiologia e Biofísica. Área de concentração: Fisiologia Humana. Linha de pesquisa: Psicofisiologia.

Versão do título para o inglês: Characteristics of crossmodal automatic attentional effect.

1. Atenção 2. Tempo de reação 3. Discriminação visual 4. Atenção visual 5. Atenção auditiva 6. Fisiologia I. Valle, Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do II. Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana. III. Título.

ICB/SBIB0158/2012

#### UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Candidato(a):	Luana Lira Righi.
Título da Tese:	Características do efeito da atenção intermodal automática.
Orientador(a):	Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle.
	Julgadora dos trabalhos de Defesa da Tese de Doutorado, em sessão lica realizada a, considerou
	( ) Aprovado(a) ( ) Reprovado(a)
Examinador(a):	Assinatura: Nome: Instituição:
Examinador(a):	Assinatura:
Examinador(a):	Assinatura: Nome: Instituição:
Examinador(a):	Assinatura:
Presidente:	Assinatura: Nome:



#### UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" Av. Prof. Lineu Prestes, 2415 - cep. 05508-000 São Paulo, SP - Brasil Telefone: (55) (11) 3091-7733 telefax: (55) (11) 3091-7438 e-mail: cep@ icb.usp.br

São Paulo, 25 de março de 2009.

#### PARECER 884/CEP

Prezada Senhora,

Atendendo sua solicitação, a Comissão de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do ICB, em sua 93ª reunião realizada em 24. 03.09, analisou o projeto de sua responsabilidade intitulado: "Efeitos da atenção espacial auditiva em diferentes tarefas de discriminação visual".

Informo a V.Sa. que, após análise e discussão, o referido projeto foi aprovado por esta Comissão, com a recomendação de que o Pesquisador não tenha acesso hierárquico com o indivíduo a ser estudado.

Lembramos que cabe ao pesquisador elaborar e apresentar a este Comitê, relatórios anuais (parciais ou final), de acordo com a resolução 196/06 do Conselho Nacional da Saúde, item IX.2 letra c.

O primeiro relatório deverá ser encaminhado à Secretaria deste CEP em **24 de março de 2010.** 

Atenciosamente,

Prof. Dr. Paolo M.A Zanotto

Vice-Coordenador da Comissão de Ética em Pesquisas com Seres Humanos - ICB/USP

Ilma.Sra. Luana Lira Righi Departamento de Fisiologia e Biofisica Instituto de Ciências Biomédicas -USP

#### **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Simone e Celso, por me ensinar a questionar, pelo apoio e torcida de sempre, e por serem responsáveis por quase tudo que sou hoje. Acho que todo o esforço valeu a pena.

À minha irmã, Llana, por todas as nossas conversas e brigas e por toda a diversão, sou muito grata por ter você como irmã.

Ao meu noivo, Raphael, pelo companheiro que é, por todo apoio e por me motivar sempre. Tenho muita sorte de ter te encontrado.

Aos demais familiares que sempre torceram muito por mim.

Aos meus amigos por toda a paciência e por tornarem os meus dias mais agradáveis.

Ao Ribeiro pela orientação e por todas as discussões que me permitiram refletir e aprender muito.

Aos professores Marcus Vinícius C. Baldo, Peter Claessens e Gilberto Xavier pela paciência ao responder minhas questões e pelas sugestões no exame de qualificação.

A FAPESP pelo apoio financeiro e aos voluntários que participaram deste trabalho.

#### **RESUMO**

Righi LL. Características do efeito da atenção intermodal automática. [tese (Doutorado em Fisiologia Humana)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo; 2012.

Atenção intermodal é definida como aquela mobilizada por um estímulo de diferente modalidade do estímulo ao qual o participante deve responder. O presente trabalho analisou algumas das possíveis características do efeito da atenção intermodal, entre elas: relação sinal/ruído e assincronia entre início dos estímulos (AIE) em relação ao tipo de tarefa realizada. Inicialmente foram realizados dois experimentos em que um estímulo alvo visual (Gabor) aparecia 133 ms depois de um estímulo precedente auditivo, do mesmo lado (posição mesma) ou oposto (posição oposta). No primeiro experimento, ruído externo visual estava presente enquanto no segundo experimento, não havia ruído. O Experimento 1 mostrou que os efeitos da atenção intermodal se manifestam na presença de ruído visual externo. Já no Experimento 2 o efeito atencional intermodal não se manifestou. Com o objetivo de analisar se a ausência do efeito intermodal foi devido à AIE utilizada, o Experimento 3 foi realizado. Este mostrou que quando a AIE é maior que a utilizada nos experimentos anteriores, o efeito intermodal se manifesta no comportamento na ausência de ruído visual externo. Finalmente, o Experimento 4 analisou se a diferença temporal é devido ao tipo de tarefa realizada mostrando que em uma AIE curta, e em uma tarefa de localização, o efeito intermodal se manifesta. Os resultados mostram que o efeito atencional intermodal se manifesta na presença e na ausência de ruído visual externo. No entanto, na ausência de ruído e quando o alvo deve ser identificado, o efeito da atenção intermodal se manifesta em uma AIE maior. Estes resultados sugerem que o mecanismo de discriminação da frequência do alvo demora mais tempo para se completar do que o mecanismo de localização do alvo. Um possível mecanismo para estes resultados foi proposto.

Palavras-chave: Atenção. Tempo de reação. Discriminação visual. Atenção Visual. Atenção Auditiva. Fisiologia.

#### **ABSTRACT**

Righi LL. Characteristics of crossmodal automatic attentional effect [Ph. D. thesis (Human Physiology)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo; 2012.

Attention mobilized by a stimulus in a different modality from the stimulus to which the observer must respond (target) is called crossmodal attention. The current work examined the possible contribution of signal to noise ratio, the asynchrony between the onsets of the cue and the target (SOA) and the kind of task performed by the observer to the manifestation of crossmodal attentional effects. Firstly, two experiments were performed, in which a target (Gabor patch) was presented 133 ms after an auditory cue, on the same side or the opposite side. The observer was instructed to discriminate the Gabor frequency. In the first experiment, in half of the trials, the background contained low level visual noise and in the other half, high level visual noise. Crossmodal attentional effect occurred only for this latter condition. In a second experiment, there was no background noise; in half of the trials, the target had a high contrast and in the other half, a low contrast. The crossmodal attentional effect did not occur in this experiment. The aim of the third experiment was to analyze whether the crossmodal attentional effect would appear in the absence of visual noise at a longer SOA. The results showed that it appears. Finally, the fourth experiment analyzed whether the crossmodal attentional effect would appear at the short SOA in a localization task. This was observed. Taken together, the results indicate that crossmodal attentional effects appear when there is visual noise and when there is no visual noise. However, in the later condition and when the target has to be identified, the crossmodal attentional effect takes longer to appear. A possible mechanism to explain these results is proposed.

Keywords: Attention. Reaction time. Visual discrimination. Visual attention. Auditory attention. Physiology.

### LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Estímulos alvos que poderiam aparecer durante a tentativa
<b>Figura 2</b> – Representação do padrão espacial da estimulação visual e auditiva31
<b>Figura 3 -</b> Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de ruído baixo e alto de acordo com a modalidade do E1
<b>Figura 4</b> – Estímulos alvos que poderiam aparecer durante a tentativa38
<b>Figura 5 -</b> Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1
<b>Figura 6 -</b> Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1
<b>Figura 7 -</b> Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1

#### LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), nível de ruído (baixo ou alto) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta)
<b>Tabela 2 -</b> Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de ruído e modalidade do estímulo precedente33
<b>Tabela 3</b> – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada nível de ruído e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 4</b> – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de ruído e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 5</b> – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta)
<b>Tabela 6 -</b> Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente40
<b>Tabela 7</b> – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 8</b> – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 9</b> – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta)
<b>Tabela 10 -</b> Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 11</b> – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 12</b> – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 13</b> – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores o experimento (experimento 2 e 3), a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta)

<b>Tabela 14</b> – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta)
<b>Tabela 15 -</b> Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 16</b> – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente
<b>Tabela 17</b> – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente

### SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Atenção espacial	13
1.2 Atenção espacial automática entre diferentes modalidades	15
1.3 Fatores analisados	18
1.3.1 Relação sinal/ruído	18
1.3.2 Assincronia entre início dos estímulos e o tipo de tarefa	22
1.3.3 Hipóteses testadas	24
1.4 Objetivos	25
2 EXPERIMENTO 1	26
2.1 Material e Métodos	26
2.2 Resultados	32
2.2.1 Tempo de Reação	32
2.2.2 Acurácia	35
2.3 Discussão Parcial	36
3 EXPERIMENTO 2	37
3.1 Material e Métodos	37
3.2 Resultados	39
3.2.1 Tempo de Reação	39
3.2.2 Acurácia	42
3.3 Discussão Parcial	43
4 EXPERIMENTO 3	45
4.1 Material e Métodos	45
4.2 Resultados	46
4.2.1 Tempo de Reação	46
4.2.2 Acurácia	49
4.2.3 Comparação entre os Experimentos 2 e 3	49
4.3 Discussão Parcial	51
5 EXPERIMENTO 4	52
5.1 Material e Métodos	52

5.2 Resultados	52
5.2.1 Tempo de Reação	53
5.2.2 Acurácia	55
5.3 Discussão Parcial	56
6 DISCUSSÃO GERAL	58
7 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS	64
ANEXO A – Questionário de Edinburgh (adaptado)	69
ANEXO B – Teste para acuidade visual	70
ANEXO C – Teste de Ishihara para daltonismo	71
ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido	72
APÊNDICE A – Instruções	74
APÊNDICE B – Análise adicional por frequência	80
APÊNDICE C – Tabelas	83
APÊNDICE D – Trabalho desenvolvido durante estágio de pesquisa no exterior	85

#### 1 INTRODUÇÃO

Durante toda a vida o ser humano é bombardeado por uma série de estímulos aos quais frequentemente se deve dar uma resposta. Estes estímulos podem interagir de tal forma que um influencie na resposta dada ao outro estímulo. Esta influência pode ser exemplificada com situações cotidianas, como quando uma pessoa atravessa a rua. Ao iniciar a travessia esta pessoa pode escutar uma buzina, por exemplo. Pouco tempo depois, percebe que aquele som vinha de um carro que estava vindo em sua direção, e por isso não atravessa a rua naquele momento. Após tomar mais cuidado, atravessar a rua, e chegar ao ponto de ônibus, esta pessoa vê algo se movendo. Imediatamente ela olha para o local do movimento e percebe que uma colega do trabalho acenava para ela.

No exemplo acima é possível supor que a buzina do carro ou o movimento da mão de alguém acenando para outra pessoa mobiliza a atenção para o lado em que o estímulo auditivo ou visual aconteceu. Neste caso, a atenção mobilizada é denominada espacial. Ela consiste na atividade neural que seleciona certas regiões do espaço em detrimento das demais. Estímulos que aparecem na região selecionada são processados de modo mais eficaz do que quando aparecem em uma região não selecionada. Assim, se admite que a atenção modula o processamento de estímulos, de modo que a detecção, identificação ou localização deles é mais rápida e acurada.

A atenção espacial pode ser mobilizada por estímulo de mesma ou diferente modalidade sensorial do estímulo ao qual a resposta deve ser emitida, como no exemplo acima. A maior parte dos trabalhos estuda o primeiro tipo de mobilização atencional, denominada atenção unimodal. No entanto, o objeto de estudo do presente trabalho é a denominada atenção intermodal, ou seja, a mobilização atencional por estímulo de diferente modalidade sensorial do estímulo ao qual a resposta deve ser emitida.

#### 1.1 Atenção espacial

A atenção espacial pode ser mobilizada automaticamente ou voluntariamente. No primeiro caso a atenção pode ser mobilizada por um estímulo abrupto, saliente e/ou que tenha um significado muito importante para a pessoa (como o seu nome). A mobilização voluntária da atenção normalmente é realizada por estímulos não tão salientes, mas que exijam algum

tipo de interpretação. Neste caso, é possível pedir ao voluntário que ele oriente a atenção para o lado esquerdo quando o número 1 aparecer e para o lado direito quando o número 2 aparecer, por exemplo.

A mobilização da atenção está relacionada com a ativação de áreas fronto-parietais, sendo estas: campo ocular frontal, córtex frontal dorsomedial, sulco intra-parietal, lobo parietal superior (Szczepanski et al., 2010). Alguns autores propõem que diferentes áreas estariam envolvidas quando a orientação da atenção é realizada automaticamente ou voluntariamente. O sulco intra-parietal, lobo parietal superior e campo ocular frontal seriam ativados principalmente durante a orientação voluntária da atenção, enquanto o córtex frontal ventral e junção têmporo-parietal seriam ativados principalmente durante a orientação automática da atenção (Corbetta, Shulman, 2002).

Áreas subcorticais também estariam envolvidas no controle atencional. Após microestimulações do colículo superior, se observa atenuação do fenômeno de "change blindness", no qual alterações das características de um estímulo não são percebidas (Cavanaugh, Wurtz, 2004). Com a utilização de técnica semelhante, se observa um aumento no desempenho dos sujeitos durante a discriminação do movimento de pontos que ocorrem na região correspondente ao campo receptivo dos neurônios estimulados (Müller et al., 2005). No entanto, o colículo superior estaria envolvido não apenas com a facilitação de certa região do espaço, como sugerem os trabalhos citados, mas também com a inibição de distratores. Lovejoy e Krauzlis (2010) observaram que a inibição das células desta região leva a uma maior interferência de distratores no desempenho de sujeitos durante uma tarefa de discriminação de movimento. Finalmente, Himelbach et al. (2007) observaram ativação do colículo superior por meio de imageamento funcional por ressonância magnética durante uma tarefa de busca visual, sugerindo envolvimento do colículo superior nos mecanismos da atenção voluntária.

Os efeitos neurais produzidos pela atenção são observados desde áreas subcorticais, como o núcleo geniculado lateral (Connor et al., 2002; Schneider, Kastner, 2009) e colículo superior (Anderson, Rees, 2011; Schneider, Kastner, 2009), áreas corticais primárias e secundárias (Kastner et al., 1998; Liu et al., 2005; Müller et al., 2003) até áreas multisensoriais (McDonald et al., 2003).

O efeito neural da atenção sobre áreas sensoriais resulta em um efeito comportamental que pode ser estudado por meio de um procedimento baseado em um teste desenvolvido por

Posner (Posner, Cohen,1984). De maneira geral, este procedimento consiste na apresentação de estímulos visuais. Dois deles (um à esquerda e outro à direita) permanecem na tela durante todo o teste. O brilho de um dos estímulos aumenta, ou uma seta central aponta para um dos estímulos, constituindo, respectivamente, o estímulo precedente ou pista. Após um intervalo de tempo, outro estímulo visual aparece do lado esquerdo ou direito. Este estímulo, chamado alvo, pode aparecer do mesmo lado que o precedente/pista (posição mesma) ou do lado oposto (posição oposta). O voluntário deve responder ao estímulo alvo, apertando uma tecla do lado correspondente ao lado de seu aparecimento. É medido, então, o tempo de reação do voluntário, ou seja, o intervalo de tempo entre o aparecimento do estímulo alvo e a sua resposta. Posner e Cohen (1984) obtiveram um tempo de reação menor e uma acurácia maior na posição mesma do que na oposta, o que atribuíram à orientação da atenção promovida pelo estímulo precedente.

Quando o estímulo precedente aparece (aumento do brilho), a atenção é orientada automaticamente para aquela região do espaço. Neste caso, além do estímulo ser abrupto, ele aparece 50% das vezes do mesmo lado do estímulo alvo e 50% das vezes do lado oposto. Assim, não é criado nenhum tipo de relação espacial entre estes estímulos sendo a atenção mobilizada automaticamente, pelo menos parcialmente. Já quando a pista aparece (seta) a atenção é orientada voluntariamente. Neste caso, a pista mantém uma relação de contingência espacial com o alvo, ou seja, a posição mesma é mais frequente que a oposta.

Portanto, com a orientação da atenção, o processamento de um estímulo, que apareça logo em seguida naquela região, será mais acurado e mais rápido. Por isso, nesta condição, a acurácia dos sujeitos será maior e o tempo de reação menor. Já o processamento do estímulo que aparece na região para qual a atenção não foi orientada é menos acurado e mais lento. Por isso, nesta condição, a acurácia dos sujeitos será menor e o tempo de reação maior. A diferença no desempenho dos sujeitos entre as condições mesma e oposta é chamada de efeito atencional. A análise desse efeito é muito utilizada em estudos da atenção, pois é um modo de se estimar quantitativamente a ação da atenção na tarefa.

#### 1.2 Atenção espacial automática entre diferentes modalidades

Na introdução deste trabalho foi apresentada a descrição de uma pessoa que atravessou a rua, escutou uma buzina e percebeu um carro em movimento. A atenção desta pessoa foi

mobilizada por um estímulo auditivo (buzina) e desta forma o processamento de um estímulo visual (carro) foi facilitado. Outro exemplo seria quando uma pessoa quer falar com outra. Neste caso, a primeira pessoa pode tocar no braço da outra (estímulo tátil), pode acenar (estímulo visual) ou pode chamá-la pelo nome (novamente estímulo auditivo). Então, a atenção facilitaria o processamento da voz desta pessoa, assim como o do seu rosto. Esta sessão discutirá interações deste tipo, ou seja, a atenção intermodal. Mais especificamente, será discutida a influência da atenção mobilizada automaticamente por um estímulo visual ou auditivo sobre respostas a estímulos visuais ou auditivos.

Uma das principais discussões da literatura da atenção intermodal é se o controle atencional é dependente ou independente de modalidade sensorial. No primeiro caso cada modalidade teria o seu próprio mecanismo e, portanto, o aparecimento de um estímulo precedente visual, por exemplo, mobilizaria mecanismos atencionais exclusivamente visuais e com isso, apenas o processamento sensorial visual seria facilitado. Portanto, se o estímulo alvo fosse auditivo, um efeito comportamental não poderia ser observado, neste exemplo. Esta hipótese foi testada em um estudo de Farah et al. (1989), os quais analisaram pacientes heminegligentes. A heminegligência é caracterizada pela perda da habilidade de reagir a estímulos sensoriais presentes no hemiespaço contralateral à lesão (Bartolomeo, Chokron, 2002; Kerkhoff, 2001; Mort et al., 2003; Vallar, 2001) e é considerada como resultado de um prejuízo atencional. No trabalho de Farah et al. (1989) os pacientes deveriam detectar o aparecimento de um estímulo alvo visual que poderia aparecer do lado ipsilateral ou contralateral à lesão. Este estímulo era precedido por outro estímulo visual ou auditivo que poderia aparecer do mesmo lado ou do lado oposto ao alvo. Quando o estímulo precedente aparecia do lado ipsilesional e o alvo aparecia no lado contralesional os pacientes apresentaram um maior tempo de reação do que quando o oposto acontecia (estímulo precedente no lado contralesional e alvo no lado ipsilesional). Este resultado, já previamente observado no caso do estímulo precedente visual, também foi observado para o estímulo precedente auditivo, evidenciando que os pacientes têm dificuldade na reorientação da atenção para o lado contralesional, independente da modalidade à qual ela foi orientada. Os autores concluem que o mecanismo atencional não é específico para cada modalidade e sugerem que o controle da atenção seria independente de modalidade sensorial, ou seja, a atenção teria um controle supramodal. Neste caso, a atenção seria apenas espacial, ou seja, o aparecimento de um estímulo de qualquer modalidade mobilizaria mecanismos atencionais que facilitariam o processamento de outro estímulo de qualquer modalidade sensorial, desde que eles aparecessem no mesmo local do espaço. Portanto, nesta teoria, não se espera diferenças comportamentais entre uma condição em que estímulo precedente e alvo são de mesma modalidade sensorial e entre a condição em que são de modalidades diferentes, já que os mecanismos seriam exatamente os mesmos.

No entanto, certo número de trabalhos mostra diferenças comportamentais e eletrofisiológicas entre a mobilização da atenção por um estímulo de mesma e diferente modalidade do alvo (Mazza et al., 2007; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003; Prime et al., 2008; Spence, Driver, 1997; Ward, 1994). Adicionalmente, alguns autores mostram que certos pacientes heminegligentes visuais não necessariamente apresentam dificuldade no processamento de estímulos auditivos do lado contralateral a lesão, sugerindo que os mecanismos atencionais mobilizados por um estímulo auditivo são diferentes daqueles que são mobilizados por um estímulo visual (Sinett et al., 2007). Portanto, uma hipótese alternativa seria que cada uma das modalidades sensoriais teria um mecanismo atencional separado, mas interligado (Eimer, 2006). Neste caso, não necessariamente o aparecimento de um estímulo prévio de qualquer modalidade resultaria na modulação do processamento de outro estímulo de qualquer modalidade. Mecanismos que são apenas interligados podem produzir efeitos iguais ou diferentes dependendo da tarefa utilizada, o que explicaria as diferenças observadas na literatura.

Alguns autores discutem a modulação do processamento sensorial pela atenção intermodal. Em um estudo que mediu potencial relacionado ao evento (PRE), McDonald e Ward (2000) apresentaram um estímulo auditivo lateralizado seguido de um estímulo visual ao qual uma resposta motora deveria ser emitida. Foi calculada a diferença de negatividade (Nd) entre as condições oposta e mesma. Esta diferença foi observada em córtex visual extraestriado e em áreas mais anteriores, as quais seriam inespecíficas a determinada modalidade. Posteriormente, esta diferença de negatividade foi observada em área multisensorial e após um intervalo de tempo em área unimodal (McDonald et al., 2003). Neste trabalho, evidências foram obtidas de que a área multisensorial ativada seria o córtex temporal superior, seguido (15 a 25 ms depois) da ativação do córtex occipital ventral do giro fusiforme (área unimodal). Assim, efeitos intermodais ocorreriam tanto em áreas multimodais como unimodais e, portanto, um possível mecanismo seria que a atenção intermodal produziria seus efeitos por meio da ativação de área multimodal a qual ativaria área unimodal.

Alguns dos trabalhos que estudam o efeito comportamental da atenção intermodal mostram diferentes resultados. Ward (1994) apresentou duas modalidades de estímulo precedente e alvo (visual e auditivo) randomicamente. Os voluntários deveriam responder de acordo com o lado de aparecimento do estímulo alvo. Os autores encontraram efeito atencional para todas as combinações de modalidade sensorial de estímulo precedente e alvo exceto quando o primeiro era auditivo e o segundo visual. Posteriormente o mesmo resultado é obtido em uma tarefa mais complexa em que os voluntários deveriam responder quando o alvo aparecia em um dos lados do espaço e não responder quando este era central (Ward et al., 2000). Outro grupo de autores, utilizando outra tarefa, encontra o resultado oposto (Spence, Driver, 1997). Neste trabalho, o estímulo alvo aparecia primeiramente superiormente e em seguida inferiormente ou o oposto, do lado esquerdo ou do lado direito. Os voluntários deveriam discriminar a elevação do estímulo. Os autores encontraram efeito atencional quando o estímulo precedente era auditivo e alvo visual ou auditivo, mas quando estímulo precedente era visual o efeito aparecia só quando o alvo era visual. Posteriormente Mazza et al. (2007), no primeiro experimento do trabalho, encontram os mesmos resultados que Spence e Driver (1997) em uma tarefa semelhante. Mondor e Amirault (1998) encontraram que o efeito atencional intermodal é menor do que o efeito unimodal em uma tarefa em que a cor do alvo visual ou o tom do alvo auditivo deveriam ser discriminados.

Estes trabalhos mostram que o efeito atencional intermodal não se manifesta em qualquer condição experimental, sugerindo que este efeito possui certas características que não foram apropriadamente estudadas. O presente estudo teve o objetivo de investigar a importância de alguns fatores para o aparecimento do efeito atencional intermodal. Desta forma se pretende entender em que condições e como o efeito intermodal se manifesta. Os fatores examinados foram: relação sinal/ruído e assincronia entre início dos estímulos de acordo com o tipo de discriminação realizada.

#### 1.3 Os fatores analisados

#### 1.3.1 Relação sinal/ruído

Medidas eletrofisiológicas e de ressonância magnética evidenciam que a atenção modula a atividade de áreas corticais e subcorticais e provavelmente esta modulação culmina

na alteração do desempenho dos voluntários. No caso da atenção unimodal visual, os mecanismos envolvidos nesta modulação são temas de grande discussão na literatura. Uma das hipóteses consideradas é que a atenção alteraria a relação sinal/ruído por meio de exclusão do ruído externo, diminuição do ruído interno e/ou aumento do sinal.

No caso do mecanismo de exclusão do ruído externo, a atenção atuaria como um filtro que reduziria o processamento do ruído em relação ao processamento do estímulo alvo. O ruído pode ser, por exemplo, um estímulo distrator que aparece ao lado do alvo ou um estímulo que aparece sobreposto a ele. Considere, por exemplo, que em uma festa uma das pessoas fala uma palavra para outra pessoa e esta não tem certeza se a palavra seria "amar" ou "voar" porque há muito barulho. Ou então uma situação em que alguém está procurando seu namorado na festa, vê uma pessoa parecida com ele, mas não tem certeza de que é o namorado porque há muitas pessoas na frente dele. Nestes casos, o ruído externo seria o barulho da festa e as pessoas que não são o namorado. A atenção poderia também diminuir o ruído interno que seria a somatória de fatores que interferem no processamento perceptual, como, por exemplo, perda durante a transmissão da informação e variabilidade do disparo neuronal (Lu, Dosher, 1998). Finalmente, o mecanismo de aumento do sinal seria o aumento do processamento do estímulo. Considere uma situação em que não há ruído externo, mas que alguma característica do estímulo está alterada. Neste caso achar o alvo também não é fácil. Considere, por exemplo, que alguém diz uma palavra e outra pessoa não tem certeza se a palavra é "amar" ou "voar" porque a pessoa falou muito baixo. Ou então, quando é necessário ler uma palavra que foi impressa em um papel branco com tinta cinza bem clara. Nestes casos, a atenção poderia melhorar o processamento da palavra que foi dita ou impressa e assim seria mais fácil saber qual é a palavra certa.

A influência da relação sinal/ruído no efeito da atenção unimodal visual tem sido bastante investigada. Um dos principais procedimentos utilizado para estudar esta questão foi desenvolvido por Lu e Dosher (1998) utilizando pistas preditivas que mobilizam a atenção voluntariamente. Apesar de o presente trabalho ter estudado apenas atenção automática, esta sessão se inicia com a descrição dos trabalhos envolvendo atenção voluntária já que são trabalhos clássicos e essenciais para que os resultados do presente trabalho possam ser interpretados.

Lu e Dosher (1998) desenvolveram um modelo ("perceptual template model") no qual assumem que o processo de decisão perceptual é influenciado pelo sinal e ruído externo mais

o ruído interno do sistema. Neste modelo, o efeito atencional (melhor desempenho na condição atendida e o pior desempenho na condição não atendida) seria somente observado em certas situações. Dependendo do resultado obtido seria possível sugerir qual fator é modulado pela atenção. Quando ruído externo é adicionado ao estímulo ao qual se emitirá uma resposta, o aumento (relacionado com o mecanismo de aumento de sinal) e a diminuição (relacionado com o mecanismo de diminuição do ruído externo) do processamento se aplicam para o ruído externo e para o próprio estímulo (sinal). Portanto, não é possível determinar qual mecanismo é responsável pelo efeito comportamental observado. Para tanto, é necessário alterar os níveis de ruído externo e as características do próprio estímulo. Quando o nível de ruído externo é muito baixo e um efeito atencional significativo é observado, o mecanismo envolvido seria o de aumento de sinal. Isto porque neste caso há pouquíssimo ruído para ser modulado pela atenção, então quando um efeito comportamental é observado, a explicação mais plausível é que a atenção modulou o que era possível ser modulado, ou seja, o sinal. Quando o nível de ruído externo é muito alto, um efeito comportamental significativo provavelmente se deve ao mecanismo de diminuição de ruído. Isto porque neste caso há muito ruído para ser modulado pela atenção, então quando um efeito comportamental é observado, a explicação mais plausível é que a atenção modulou o que era possível ser modulado, ou seja, o ruído. Por fim, no caso do efeito comportamental ser observado tanto com pouco ruído como com muito ruído sugere que o mecanismo envolvido seria ou de aumento de sinal e diminuição de ruído ou diminuição do ruído interno.

Levando em conta seu modelo, Lu e Dosher (1998) idealizaram algumas tarefas. Os resultados obtidos com estas tarefas foram interpretados de acordo com o modelo. Dosher e Lu (2000a) utilizaram Gabor como estímulo alvo somado a um ruído gaussiano. O contraste do primeiro e a variância do segundo eram alterados nas diferentes condições. O participante deveria dizer a orientação do Gabor. Curvas psicométricas foram traçadas mostrando que a porcentagem de acertos na condição válida era maior do que na condição inválida apenas para níveis altos de ruído (variância alta). Os autores concluíram que a atenção voluntária tem papel apenas na diminuição do ruído. Outros trabalhos baseados em modelo experimental semelhante resultaram na mesma conclusão (Dosher, Lu, 2000b; Lu et al., 2002).

Por outro lado, Cameron, Tai e Carrasco (2002) apresentaram um estímulo alvo Gabor em uma de oito possíveis localizações (apenas na periferia do campo visual). Este estímulo era precedido por um ponto preto periférico, que em 100% das tentativas indicava o local de

aparecimento do alvo e um ponto preto central como pista neutra. O participante deveria discriminar a orientação do Gabor. A curva psicométrica obtida mostrou que a porcentagem de respostas corretas para a pista periférica era maior do que para a pista neutra. Como esta diferença foi observada na ausência de ruído externo, pode-se concluir que a atenção aumenta o sinal.

A alteração da relação sinal/ruído também é um mecanismo que deve ser considerado no caso da atenção mobilizada automaticamente. No experimento de Pestilli e Carrasco (2005) um ponto preto central ou periférico aparecia na tela. Em seguida dois alvos (Gabor) com orientações diferentes eram apresentados (um do lado esquerdo e outro do lado direito) e posteriormente um segundo estímulo visual era apresentado de um dos lados da tela. O voluntário deveria dizer a orientação do alvo que tivesse aparecido do mesmo lado do segundo estímulo visual. Os autores encontraram que o número de acertos quando o estímulo precedente (ponto preto) aparecia do mesmo lado que o segundo estímulo visual foi maior do que o número de acertos quando o estímulo precedente aparecia no centro. Ainda, os autores encontraram que o número de acertos quando o estímulo precedente aparecia no centro foi maior do que o número de acertos quando o estímulo precedente (ponto preto) aparecia do lado oposto ao segundo estímulo visual. Os autores concluíram que a atenção visual é capaz de modular o sinal e o ruído externo.

No trabalho de Sais (2011) os voluntários deveriam responder o mais rápido possível para um estímulo visual que poderia aparecer do lado esquerdo ou direito. Este estímulo era precedido de um estímulo visual que poderia aparecer metade das vezes na mesma posição do alvo e outra metade em posição diferente. Em um primeiro experimento o fundo da tela era branco, em um segundo experimento o fundo era branco com linhas horizontais e verticais, as quais foram consideradas como um ruído externo visual. Os autores observaram que o efeito atencional só se manifestava quando o ruído externo (as linhas horizontais e verticais) tinha sido adicionado na tela, sugerindo que este fator é importante para que o efeito atencional se manifeste.

Por fim, Liu et al. (2009) realizaram uma tarefa em que os voluntários discriminavam a orientação de um estímulo alvo (Gabor). Este era precedido de um estímulo visual que poderia aparecer metade das vezes na mesma posição do alvo e outra metade em posição diferente. Em um dos experimentos, os autores adicionaram uma máscara que aparecia imediatamente após o desaparecimento do alvo (Experimento 3), interrompendo o

processamento do estímulo alvo visual. Neste caso, o aparecimento de um efeito atencional indicaria que a atenção estaria melhorando o processamento do alvo, confirmando a hipótese de aumento de sinal. Em outro experimento, os autores adicionaram um ruído gaussiano que aparecia no mesmo local do alvo e ao mesmo tempo que este estímulo (Experimento 4), criando competição. Neste caso, o aparecimento de um efeito atencional indicaria que a atenção estaria diminuindo a interferência criada pelo ruído. Foi observado maior efeito atencional no Experimento 3 em relação ao 4. Os autores concluíram que a atenção aumenta o sinal.

Diferentemente da atenção unimodal visual, a atuação da atenção intermodal sobre a relação sinal/ruído não foi muito estudada. Störmer et al. (2009) apresentaram um tom emitido por uma caixa de som posicionada do lado esquerdo ou do lado direito. Após 150 ms dois estímulos Gabor eram apresentados ao mesmo tempo, um do lado esquerdo e outro do lado direito. Um deles poderia ter o contraste mais baixo que o outro. O voluntário deveria apertar o botão correspondente à orientação do Gabor que julgava ter o contraste mais alto. Os participantes tendiam a dizer que o Gabor que aparecia do lado correspondente ao lado de aparecimento do som tinha o contraste mais alto. Nesta condição, medidas de potenciais relacionados ao evento (PRE) mostraram maior atividade para o Gabor que os voluntários julgavam ter maior contraste em relação ao de menor contraste. Por outro lado, na condição em que os voluntários diziam que os dois estímulos Gabor eram iguais, não houve diferença entre o PRE do Gabor do lado direito ou esquerdo. Os autores concluíram que a atenção intermodal aumenta a percepção ao contraste. No entanto, não é possível dizer se este aumento se deve a um aumento do sinal ou diminuição do ruído, realizado pela atenção intermodal. Portanto, esta questão ainda precisa ser investigada.

#### 1.3.2 Assincronia entre início dos estímulos e o tipo de tarefa

Revendo o possível mecanismo atencional temos: a orientação da atenção em resposta ao aparecimento do estímulo precedente; facilitação do processamento sensorial; e manifestação do efeito atencional como resultado comportamental desta facilitação sensorial. Assim, todo o mecanismo é deflagrado com o aparecimento do estímulo precedente e o efeito atencional só será observado se o estímulo alvo aparecer após a facilitação do processamento sensorial. Portanto, o intervalo de tempo entre o início do estímulo precedente e o início do

estímulo alvo, chamado de Assincronia entre Início dos Estímulos (AIE), deve ser suficientemente longo para que o efeito atencional comportamental seja observado.

No caso da atenção unimodal visual, alguns trabalhos sugerem a AIE mínima necessária para que o efeito atencional se manifeste. Castiello e Umiltà (1990, 1992) sugeriram que esta AIE mínima seria 50 ms. Já Castro-Barros et al. (2008) mostraram que o efeito atencional pode se manifestar ainda mais cedo, 34 ms, confirmando as observações de Steinman et al. (1995).

Não foram encontrados trabalhos analisando o curso temporal da atenção intermodal automática. Apenas pela comparação dos resultados de diferentes trabalhos da literatura é possível formar uma ideia sobre esta questão. Spence e Driver (1997) observaram um efeito da atenção mobilizada por um estímulo auditivo sobre o processamento de um estímulo visual em uma tarefa de localização (julgamento da elevação do alvo) com uma AIE de 100 ms. Este foi o único trabalho encontrado na literatura que mostrou efeito atencional intermodal com estímulo precedente auditivo e alvo visual em tal AIE. Outros trabalhos que mostraram efeito intermodal com estímulo precedente auditivo e alvo visual utilizaram AIE maior que 100 ms e as tarefas exigiam discriminação de alguma característica do alvo, como sua forma (Santangelo et al., 2006; Santangelo, Spence, 2007; Van der Lubbe et al., 2006). Assim, aparentemente existe uma diferença na manifestação do efeito intermodal de acordo com a AIE e o tipo de tarefa realizada.

Uma possível explicação para as diferenças temporais observadas seria que a identificação de um objeto levaria mais tempo que sua localização, o que aconteceria tanto para o caso da atenção intermodal como para o caso da atenção unimodal. No entanto, os resultados de um trabalho anteriormente realizado em nosso laboratório (Righi, Ribeiro-do-Valle, 2011) vão contra esta hipótese. Neste trabalho os autores avaliaram os efeitos da atenção unimodal visual em uma tarefa de discriminação de forma e uma tarefa de localização. Foram utilizadas AIEs de 34, 67 e 100 ms. Não houve diferença na manifestação do efeito atencional entre as AIEs tanto na tarefa de discriminação de forma como na tarefa de localização. Estes resultados sugerem que se realmente existe uma diferença temporal de acordo com o tipo de tarefa, ela é específica para a atenção intermodal, ou seja, algo relacionado ao mecanismo específico da atenção intermodal seria responsável pelas diferenças temporais.

Alguns autores sugerem que a atenção intermodal produziria seus efeitos sobre o processamento sensorial através da retro-alimentação de áreas multimodais (sulco temporal superior, por exemplo) para áreas unimodais (Driver, Spence, 1998; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003). Assim, haveria um intervalo de tempo entre a ativação das áreas multimodais e a ativação das áreas unimodais. McDonald et al. (2003) sugeriram que este intervalo de tempo seria de 15-25 ms, já que observaram ativação do córtex occipital ventral do giro fusiforme 15-25 ms depois da ativação do córtex temporal superior. Quando a discriminação de características específicas do alvo deve ser feita, é possível que seja necessária a ativação da área unimodal relacionada especificamente com aquela característica. Como esta ativação não seria direta, já que dependeria da retro-alimentação de áreas multimodais, em uma tarefa em que a discriminação das características do alvo é requerida, o efeito atencional intermodal demoraria mais tempo para se manifestar.

#### 1.3.3 Hipóteses testadas

Os achados da literatura revelam que a atenção intermodal possui certas características que não foram ainda apropriadamente investigadas. O presente estudo teve o objetivo de avaliar a importância de alguns fatores experimentais como, a relação sinal/ruído do estímulo alvo, a AIE de acordo com o tipo de discriminação realizada para o aparecimento do efeito atencional intermodal.

Com o objetivo de examinar a manifestação do efeito atencional intermodal em função da relação sinal/ruído, foram realizados os Experimentos 1 e 2. Nestes experimentos, os voluntários deveriam responder a estímulos Gabor apresentados após o aparecimento de um estímulo precedente auditivo. No primeiro experimento, a tarefa envolvia a discriminação da frequência dos estímulos Gabor apresentados contra um fundo contendo maior ou menor quantidade de ruído visual. No segundo experimento, a tarefa envolvia a discriminação da frequência dos estímulos Gabor de alto ou baixo contraste na ausência de ruído de fundo. Caso um efeito atencional fosse obtido no primeiro experimento, seria possível sugerir que a atenção intermodal exclui o ruído externo. Já se um efeito atencional fosse obtido no segundo experimento, seria possível sugerir que a atenção intermodal aumenta o sinal.

Para analisar a manifestação do efeito atencional intermodal de acordo com a AIE e o tipo da tarefa realizada, foram realizados os Experimentos 3 e 4. Nestes experimentos, os

voluntários deveriam responder a estímulos Gabor apresentados após o aparecimento de um estímulo precedente auditivo. No Experimento 3, a tarefa envolvia a discriminação de frequência dos estímulos Gabor de alto ou baixo contraste na ausência de ruído de fundo, assim como o Experimento 2, mas com uma AIE maior (Experimento 2, AIE de 133 ms; Experimento 3, AIE de 159 ms). No Experimento 4 os participantes realizaram uma tarefa de localização com uma AIE curta (133 ms). Esperávamos que o efeito atencional intermodal fosse maior no Experimento 3 (AIE longa) em relação ao Experimento 2 (AIE curta). Esperávamos ainda que o efeito atencional intermodal se manifestasse no Experimento 4. Estes resultados evidenciariam que este efeito demora mais tempo para se manifestar apenas em tarefas que exigem discriminação de alguma característica específica do estímulo alvo.

#### 1.4 Objetivos

O presente trabalho teve o objetivo geral de estudar a importância de alguns fatores para o aparecimento do efeito atencional intermodal. Mais especificamente avaliamos:

- a influência da relação sinal/ruído na manifestação do efeito atencional intermodal;
- a influência da assincronia entre o início dos estímulos na manifestação do efeito;
- a influência do tipo de discriminação na manifestação do efeito intermodal.

#### 2 EXPERIMENTO 1

O Experimento 1 analisou a manifestação do efeito da atenção intermodal automática em condições em que havia ruído visual na tela.

Um estímulo alvo visual (Gabor) aparecia do mesmo lado ou do lado oposto de um estímulo precedente visual ou auditivo. O estímulo precedente visual foi introduzido como um controle metodológico. Caso não fosse observado efeito atencional intermodal e unimodal, seria de se suspeitar de alguma condição experimental inadequada. O alvo era apresentado sobre um fundo com ruído baixo ou alto e podia ter frequência alta ou baixa. O voluntário devia responder com uma das mãos para estímulo de frequência baixa e com outra mão para o estímulo de frequência alta.

Esperávamos que o efeito atencional intermodal se manifestasse nesta tarefa indicando que a atenção intermodal exclui o ruído. Consideramos a possibilidade da magnitude do efeito atencional intermodal variar de acordo com o nível de ruído na tela. Tal achado indicaria uma modulação fina do efeito atencional pelo nível de ruído.

#### 2.1 Material e Métodos

**Participantes.** Cinco adultos jovens do sexo masculino e sete adultos jovens do sexo feminino. Os participantes eram estudantes universitários; 21 ± 1 anos; 11 destros com quociente de lateralidade 0,72 ± 0,05, uma voluntária canhota com quociente de lateralidade 0,22 avaliados através do Questionário de Edinburgh (Oldfield, 1971; Veja ANEXO A). Os participantes apresentavam visão normal ou corrigida, avaliada através da Tabela de Jaeger para acuidade visual (Veja ANEXO B); não apresentavam daltonismo, avaliado através do teste de Ishihara (Veja ANEXO C); não tomavam medicamento com ação sobre o sistema nervoso central. Cada participante assinou o termo de consentimento livre e esclarecido, sendo assim sua participação totalmente voluntária. Nenhum dos participantes teve experiência prévia com experimentos semelhantes ou conheceu os propósitos do experimento.

**Equipamentos.** Os participantes foram testados em uma sala com baixo nível de iluminação (<0,1 cd/m²) e razoável isolamento acústico. Eles permaneceram sentados e com sua cabeça posicionada em um apoio de fronte e mento. Seus olhos ficaram a 57 cm da tela de um monitor de vídeo. Havia duas caixas de som fixadas na tela do monitor de vídeo, uma do

lado esquerdo e outra do lado direito (o centro das caixas de som estava 23,5 cm acima da mesa onde a tela de monitor de vídeo estava apoiada). O fundo da tela era cinza (luminância 54,6 cd/m²). Foram criados dois níveis de ruído da seguinte forma: foi gerada uma tela preta (luminância 2,69 cd/m²) e um ruído gaussiano de média 0 e baixa variância (0,0004) ou um ruído de média 0 e alta variância (1089) foi somado a ela. Em metade das tentativas a figura com baixa variância foi somada ao fundo cinza resultando em uma tela com luminância 56,2 cd/m². Na outra metade das tentativas a figura com alta variância foi adicionada ao fundo cinza resultando em uma tela com luminância 84,2 cd/m². Havia uma cruz preta no seu centro (as duas linhas que a compunham tinham 0,5° de largura e 0,5° de comprimento). A cruz preta servia para manter a fixação ocular. Uma caixa de resposta com cinco botões disposta sobre a mesa na linha média do voluntário permitia a ele responder aos estímulos apresentados. Os estímulos alvos, a tela preta e o ruído de fundo foram gerados pelo aplicativo MATLAB, os quais foram salvos e armazenados em formato PNG. O fundo cinza utilizado no presente experimento foi gerado pelo programa Paint do Windows Vista e salvo e armazenado em formato PNG. Os demais estímulos utilizados foram gerados pelo aplicativo E-Prime (Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, PA, USA). Um microcomputador AMD Sempron (2GHz, 2GB RAM), controlado por programas desenvolvidos com o aplicativo E-Prime (Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, PA, USA), apresentou os estímulos e registrou as respostas.

**Procedimento.** Cada participante realizou uma sessão de teste. Antes desta sessão ele recebeu por escrito uma breve explicação sobre a tarefa. Uma explicação mais detalhada foi dada na sala de teste ao mesmo tempo em que os estímulos foram apresentados e respostas a eles foram incentivadas. O participante fazia então cerca de 15 tentativas de prática. A sessão de teste consistiu de duas partes. A primeira parte continha 2 blocos de 64 tentativas cada. Havia um intervalo de descanso controlado pelo próprio participante, mas com duração mínima de 15 segundos entre um bloco e outro. O primeiro bloco tinha a finalidade de familiarizar os participantes com a situação experimental e seus dados não foram analisados. Cada tentativa começou com o aparecimento da cruz de fixação. Entre 1850 e 2350 ms mais tarde, um estímulo alvo (E2) ocorria com duração de 40 ms. Este estímulo aparecia no hemicampo esquerdo (8,5° à esquerda da cruz de fixação) em metade das tentativas e no hemicampo direito (8,5° à direita da cruz de fixação) na outra metade, de modo aleatório. O E2 consistia de um Gabor com orientação de 5° relativo à vertical e diâmetro de 2°, contraste

de 0,735 (luminância mínima de 17,9 cd/m²; luminância máxima de 117,7 cd/m²). Em 50% das tentativas sua frequência era 1 ciclos por grau (cpg) e em 50% das tentativas 2 cpg. Metade dos participantes deveria responder tão rapidamente quanto possível ao E2 de 1 cpg com a mão esquerda e ao E2 de 2 cpg com a mão direita; a outra metade dos participantes deveria responder ao E2 de 1 cpg com a mão direita e ao E2 de 2 cpg com a mão esquerda. Veja a Figura 1 para uma representação dos estímulos. Tão logo a resposta ocorria ou após um intervalo máximo de 987 ms, a cruz de fixação era substituída por uma mensagem com duração de 1493 ms. O tempo de reação em milisegundos aparecia em azul quando o participante respondia com a mão correta entre 150 e 987 ms após o início do E2. A mensagem "ANTECIPADA" ou "LENTA" era mostrada quando o participante respondia em menos do que 150 ms após o início do E2 e mais de 987 ms após o início do E2, respectivamente. A mensagem "INCORRETA" era mostrada quando o participante respondia com a mão incorreta entre 150 e 987 ms após o início do E2. Em seguida uma nova tentativa se iniciava. O segundo bloco tinha as mesmas características do primeiro, com exceção de que dois asteriscos vermelhos eram mostrados quando o participante respondia em menos do que 150 ms após o início do E2 e 987 ms após o início do E2, ou quando o participante respondia com a mão incorreta. Quando o participante respondia corretamente ao E2 dentro de 150 e 987 ms dois asteriscos azuis apareciam no centro tela. As demais características eram iguais as do primeiro bloco.

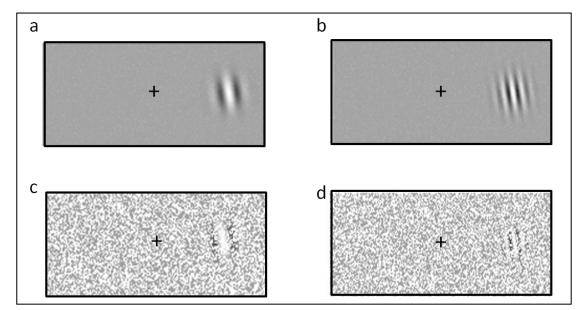


Figura 1 – Estímulos alvos que poderiam aparecer durante a tentativa

a- Alvo de 1 cpg com ruído baixo. b- Alvo de 2 cpg com ruído baixo. c- Alvo de 1 cpg com ruído alto. d- Alvo de 2 cpg com ruído alto.

A segunda parte da sessão de teste consistia de quatro blocos de 64 tentativas semelhantes aos anteriores. Cada tentativa começava com o aparecimento da cruz de fixação. Entre 1850 e 2350 ms mais tarde, um estímulo precedente (E1) ocorria. Este estímulo consistia no aparecimento de um anel preto (6° de diâmetro, 200 ms de duração) ou de um tom puro de 1000 Hz (26 ms de duração). O E1 visual aparecia no hemicampo esquerdo (8,5° da cruz de fixação) em 25% das tentativas e no hemicampo direito (8,5° da cruz de fixação) em 25% das tentativas, de modo aleatório. O E1 auditivo poderia acontecer do lado esquerdo em 25% das tentativas ou do lado direito em 25% das tentativas, de modo aleatório. Quarenta milisegundos após o desaparecimento do E1 visual ou 107 ms após o desaparecimento do E1 auditivo o E2 aparecia, ele tinha as mesmas características daquele dos blocos anteriores e aparecia nas mesmas posições. Veja a Figura 2. Em metade das tentativas o E2 aparecia do mesmo lado do E1 e na outra metade das tentativas o E2 aparecia do lado oposto ao E1. A resposta dos participantes era a mesma dos blocos anteriores assim como as mensagens após a resposta. Os dados dos quatro blocos foram analisados.

Devido ao intervalo entre o final do E1 e o início do E2, a AIE para E1 auditivo era de 133 ms e para E1 visual de 240 ms. Estes intervalos foram escolhidos de acordo com dados da literatura e experimentos pilotos. A duração do E1 visual foi maior que a duração do E1 auditivo porque estes experimentos pilotos mostraram que neste tipo de tarefa a duração do

E1 deve ser longa para que um efeito atencional de magnitude razoável se manifeste. Os experimentos pilotos também mostraram que para o caso do E1 auditivo, a duração do E1 auditivo não altera a magnitude do efeito atencional, mas a AIE sim. Adicionalmente, McDonald et al. (2001) que sugerem que o efeito observado em um intervalo menor que 100 ms não seria consequência de um mecanismo atencional, mas sim resultado da integração sensorial entre E1 e E2. Tendo em vista que as durações e AIEs para E1 auditivo e visual foram diferentes, não se valorizou neste trabalho as diferenças observadas entre os efeitos atencionais produzidos pelos E1 auditivo e visual.

A ordem de ocorrência das condições variou entre os blocos e entre os participantes. O número de tentativas por bloco eram oito para cada condição (modalidade visual e auditiva, ruído alto e baixo e posição mesma e oposta). As tentativas erradas foram substituídas ao longo do respectivo bloco.

**Análise dos Dados.** Para a análise da primeira parte do teste (em que não havia E1), foi realizado um teste-t entre as tentativas de alto e baixo nível de ruído.

Na segunda parte do teste (em que havia E1) para cada participante foi calculada a média das quatro medianas (uma por bloco) dos tempos de reação para cada condição experimental.

Os dados de tempo de reação foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas, tendo como fatores: modalidade do E1 (visual e auditivo), ruído de fundo (baixo ou alto) e posição relativa do E2 (mesma e oposta). Quando apropriado, esses dados foram adicionalmente tratados com o teste *post hoc* de Tukey.

A soma dos erros do tipo inversão foi submetida ao teste de Friedman e os que tiveram resultado significativo foram submetidos ao teste de Wilcoxon. Este tipo de erro foi analisado para que fosse descartada uma possível troca velocidade por acurácia. Nesta análise, foram considerados significativos os resultados com probabilidade de erro menor ou igual a 0,012 (P = 0,05/4; pois foram feitas 4 comparações).

1850 - 2350 ms 200 ms 40 ms 40 ms Posição mesma Posição oposta 1850 - 2350 ms 26 ms 107 ms 40 ms Posição mesma Posição oposta

Figura 2 – Representação do padrão espacial da estimulação visual e auditiva.

Apenas a condição de nível de ruído baixo, alvo de 1 cpg e seu aparecimento do lado esquerdo está representada. a- Estímulo precedente visual, aparecimento do alvo nas posições mesma e oposta. b-Estímulo precedente auditivo, aparecimento do alvo nas posições mesma e oposta.

#### 2.2 Resultados

Doze voluntários foram incluídos na amostra experimental (sete do sexo feminino e cinco do sexo masculino).

#### 2.2.1 Tempo de Reação

Foram analisadas apenas as tentativas em que os sujeitos responderam corretamente ao E2.

Para a primeira parte da sessão de teste, em que não havia E1, o teste-t revelou que o tempo de reação para a condição de maior nível de ruído foi significativamente maior do que para a condição de menor nível de ruído (512  $\pm$  23,6 ms e 467  $\pm$  20,4 ms, respectivamente; t11 = 4,599; P < 0,001).

Para a segunda parte da sessão de teste, em que havia E1, foi realizada análise de variância e seus resultados estão resumidos na Tabela 1. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 2. Houve efeito principal para os fatores modalidade do E1, indicando que o tempo de reação para E1 auditivo foi significativamente menor do que E1 visual. Também houve efeito principal para nível de ruído, mostrando que o tempo de reação para a condição de menor ruído foi significativamente menor do que para a condição de maior ruído. Para o fator posição relativa do E2, o efeito foi marginalmente significativo, indicando que o tempo de reação para a posição mesma tendeu a ser menor do que para a oposta.

**Tabela 1** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), nível de ruído (baixo ou alto) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta).

(mesma e oposta).			
EFEITO	Gl	F	P
Modalidade do E1	1,11	7,485	0,019*
Nível de ruído	1,11	25,875	<0,001*
Posição relativa do E2	1,11	4,281	0,062 <sup>†</sup>
Modalidade do E1 X Nível de ruído	1,11	0,307	0,590
Modalidade do E1 X Posição relativa do E2	1,11	0,927	0,356
Nível de ruído X Posição relativa do E2	1,11	4,108	0,067 <sup>†</sup>
Modalidade do E1 X Nível de ruído X Posição relativa do E2	1,11	0,235	0,636

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*) e os marginalmente significativos com uma cruz (+). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, P valor.

**Tabela 2 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de ruído e modalidade do estímulo precedente.

Ruído alto

	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	$469 \pm 17$	470 ± 16	$505 \pm 21$	514 ± 17
E1 auditivo	457 ± 17	463 ± 14	487 ± 18	506 ± 18

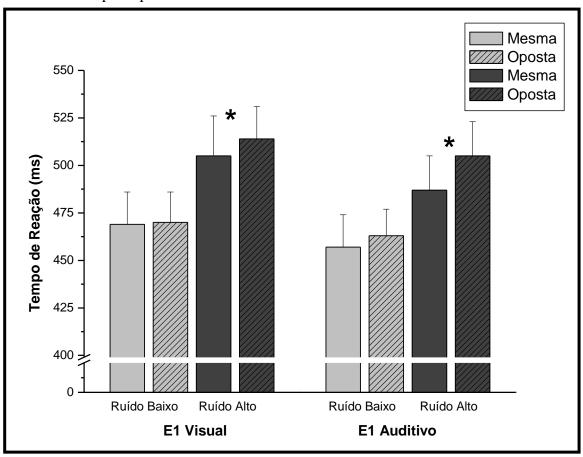
Ruído baixo

E1, estímulo precedente.

Houve interação marginalmente significativa entre os fatores ruído e posição relativa do E2. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta para nível de ruído alto (P = 0,011). Para a condição de nível de ruído baixo, não houve diferença significativa entre os tempos de reação para as posições mesma e oposta (P = 0,738). Para a posição mesma e oposta, o tempo de

reação para o baixo nível de ruído foi significativamente menor do que para o alto nível de ruído (P < 0.001 e P < 0.001, respectivamente). Veja a Figura 3.

**Figura 3 -** Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de ruído baixo e alto de acordo com a modalidade do E1.



E1, estímulo precedente.

**Tabela 3** – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada nível de ruído e modalidade do estímulo precedente.

	Ruído baixo	Ruído alto
E1 visual	2 ± 8	9 ± 7
E1 auditivo	6 ± 5	19 ± 8

E1, estímulo precedente.

#### 2.2.2 Acurácia

Para a primeira parte do teste (sem E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 6,1% de erros do tipo inversão (resposta com a mão invertida), 1,2% de erros do tipo omissão (resposta após 987 ms do aparecimento do E2) e 0,9% de erros do tipo antecipação (resposta antes de 150 ms do aparecimento do E2).

Para a segunda parte do teste (com E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 5,2% de erros do tipo inversão, 0,6% de erros do tipo omissão e 0% de erros do tipo antecipação.

Para os erros do tipo inversão (veja a Tabela 4) foi realizada a análise de Friedman comparando o número de erros na modalidade visual e auditiva, ruído alto e baixo, e posição mesma e oposta. Foi evidenciada diferença significativa (P < 0,001) e assim, os dados foram analisados com o teste de Wilcoxon. Para cada modalidade e para nível de ruído, foi comparado o número de erros de inversão quando E2 aparecia na posição mesma com o número de erros de inversão quando E2 aparecia na posição oposta. Apenas quando o E1 era visual e o nível de ruído era alto, o número de erros para a posição mesma foi significativamente menor do número de erros para a posição oposta (P = 0,010). Estes resultados mostram que não houve troca velocidade por acurácia.

**Tabela 4** – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de ruído e modalidade do estímulo precedente.

Duído olto

	Kuluo baixo		Kuldo alto	
	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	16	15	29	47
E1 auditivo	8	9	24	22

Duído boivo

E1, estímulo precedente.

#### 2.3 Discussão Parcial

O tempo de reação para condição de ruído alto foi maior do que para a condição de ruído baixo tanto para os blocos com E1 como para o bloco sem este estímulo. Esta diferença é importante, particularmente para o bloco sem E1, pois garante que os estímulos utilizados foram diferentes. Caso não houvesse esse controle e nos blocos com E1 não houvesse diferença na manifestação do efeito atencional para as condições de ruído alto e baixo, seria possível argumentar que não foram utilizados os estímulos adequados para que a diferença aparecesse.

Quando a atenção foi mobilizada pelo E1 visual, o tempo de reação para a posição mesma foi marginalmente menor do que para a posição oposta apenas quando o nível de ruído era alto. Portanto, o presente experimento mostrou que o efeito atencional unimodal se manifesta em situações em que há ruído externo sugerindo, de acordo com resultados anteriores (Pestilli, Carrasco, 2005; Sais, 2011), que a atenção unimodal visual diminui o ruído externo.

Os resultados mostram ainda que a manifestação do efeito atencional unimodal depende da quantidade de ruído externo. Provavelmente quando há pouco ruído a atenção modula o processamento do E2 excluindo o ruído da posição mesma. No entanto, como o nível de ruído é muito baixo esta exclusão não facilita tanto o processamento em relação à posição oposta, e por isso, o efeito atencional não se manifesta. Já quando o nível de ruído é alto, a modulação atencional na posição mesma provoca uma facilitação do processamento significativamente diferente do processamento do E2 na posição oposta e por isso o efeito atencional se manifesta.

A principal contribuição deste experimento foi mostrar que o efeito atencional intermodal se manifesta quando há ruído na tela e que este efeito depende da quantidade de ruído externo. Isto porque, para E1 auditivo, o tempo de reação para a posição mesma foi marginalmente menor do que para a posição oposta, apenas quando o ruído era alto.

A análise dos dados de acurácia mostrou que não houve troca de velocidade por acurácia, já que a única diferença estatisticamente significante mostrou maior número de erros para a posição oposta em relação à posição mesma. Esta diferença foi observada apenas para E1 visual e quando o nível de ruído era alto.

#### 3 EXPERIMENTO 2

Este experimento examinou a manifestação do efeito da atenção intermodal automática na ausência de qualquer ruído visual.

Um estímulo alvo visual (Gabor) aparecia do mesmo lado ou do lado oposto de um estímulo precedente visual ou auditivo. O alvo era apresentado com contraste baixo ou alto e poderia ter frequência alta ou baixa. O voluntário deveria responder com uma das mãos para estímulo de frequência baixa e com outra mão para o estímulo de frequência alta.

Esperávamos que o efeito atencional intermodal se manifestasse indicando que a atenção intermodal aumenta o sinal. Esperávamos também que a magnitude do efeito atencional intermodal variasse de acordo com o nível de contraste do alvo. Isto indicaria que a influência da atenção no comportamento varia de modo graduado.

#### 3.1 Material e Métodos

**Participantes.** Nove adultos jovens do sexo masculino e cinco adultos jovens do sexo feminino. Dois participantes (um participante do sexo masculino e uma do sexo feminino) foram excluídos devido ao alto número de erros cometidos (mais que 15% das tentativas erradas). Doze participantes tiveram seus dados analisados, estes eram estudantes universitários;  $19 \pm 0.31$  anos; destros com quociente de lateralidade de  $0.83 \pm 0.03$ , avaliados por meio do Questionário de Edinburgh (Oldfield, 1971). As características dos voluntários incluídos foram as mesmas consideradas no Experimento 1.

**Equipamentos**. Os mesmos equipamentos do experimento anterior foram utilizados. Mas neste experimento o fundo da tela era cinza em todas as tentativas (luminância de 54,6 cd/m²).

**Procedimento**. O procedimento utilizado foi muito semelhante ao experimento anterior. As diferenças são que em ½ das tentativas o contraste do E2 era de 0,735 (luminância mínima de 17,9 cd/m²; luminância máxima de 117,7 cd/m²) e na outra metade das tentativas seu contraste era de 0,086 (luminância mínima de era de 47,9 cd/m² e luminância máxima de 57 cd/m²). Veja Figura 4.

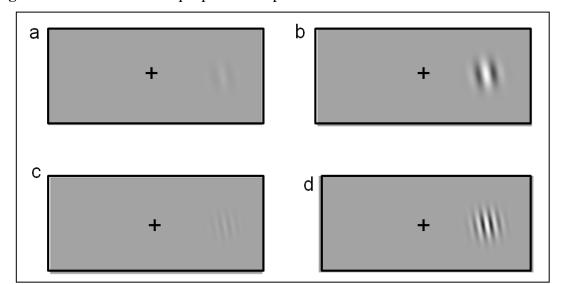


Figura 4 – Estímulos alvos que poderiam aparecer durante a tentativa.

a- Alvo de 1 cpg com contraste baixo. b- Alvo de 1 cpg com contraste alto. c- Alvo de 2 cpg com contraste baixo. d- Alvo de 2 cpg com contraste alto.

**Análise dos Dados.** Para a análise da primeira parte do teste (em que não havia E1), foi realizado um teste-t entre as tentativas de alto e baixo contraste.

Na segunda parte do teste (em que havia E1), para cada participante foi calculada a média das quatro medianas (uma por bloco) dos tempos de reação para cada condição experimental.

Os dados de tempo de reação foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas, tendo como fatores: modalidade do E1 (visual e auditivo), contraste do E2 (alto ou baixo) e posição relativa do E2 (mesma e oposta). Quando apropriado, esses dados foram adicionalmente tratados com o teste post hoc de Tukey.

A soma dos erros do tipo inversão foi submetida ao teste de Friedman e os que tiveram resultado significativo foram submetidos ao teste de Wilcoxon. Este tipo de erro foi analisado para que fosse descartada uma possível troca velocidade por acurácia. Nesta análise, foram considerados significativos os resultados com probabilidade de erro menor ou igual a 0,012 (P = 0,05/4; pois foram feitas 4 comparações).

#### 3.2 Resultados

Doze voluntários foram incluídos (quatro do sexo feminino e oito do sexo masculino).

## 3.2.1 Tempo de Reação

Foram analisadas apenas as tentativas em que os sujeitos responderam corretamente ao E2.

Para a primeira parte da sessão de teste, em que não havia E1, o teste-t revelou que o tempo de reação para a condição de menor contraste do E2 foi significativamente maior do que para a condição de maior contraste ( $526 \pm 19$  ms e  $446 \pm 18$  ms, respectivamente; t11 = -10,79; P < 0,001).

Para a segunda parte da sessão de teste, em que havia E1, foi realizada análise de variância e seus resultados estão resumidos na Tabela 5. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 6. Houve efeito principal para os fatores contraste do E2 indicando que o tempo de reação era significativamente menor quando o contraste do E2 era alto do que quando o contraste do E2 era baixo. Houve efeito principal para posição relativa do E2, mostrando que o tempo de reação para a posição mesma foi significativamente menor do que para oposta.

**Tabela 5** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta).

(mesma e oposta).			
EFEITO	GI	F	P
Modalidade do E1	1,11	0,104	0,752
Contraste do E2	1,11	97,104	<0,001*
Posição relativa do E2	1,11	8,175	0,015*
Modalidade do E1 X Contraste do E2	1,11	0,632	0,443
Modalidade do E1 X Posição relativa do E2	1,11	5,621	0,037*
Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	12,867	0,004*
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	0,196	0,666

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*) e os marginalmente significativos com uma cruz (+). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, P valor.

**Tabela 6 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contraste alto		Contras	te baixo
	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	438 ± 15	447 ± 16	481 ± 13	508 ± 16
E1 auditivo	440 ± 15	436 ± 15	491 ± 15	500 ± 15

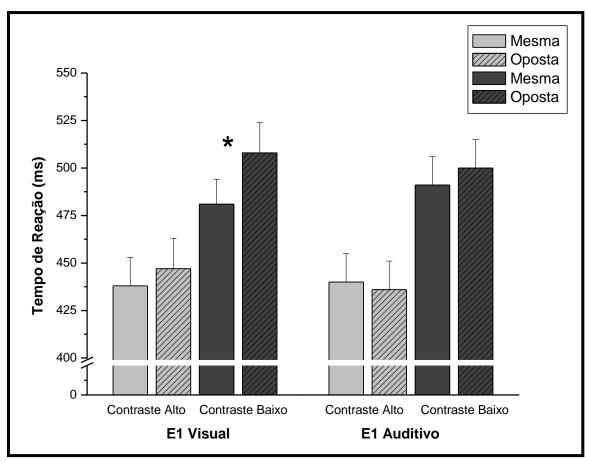
E1, estímulo precedente.

Houve interação entre os fatores modalidade do E1 e posição relativa do E2. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta para baixo contraste do E2 (P < 0,001). Para a condição de alto contraste do E2, não houve diferença significativa entre os tempos de reação para as posições mesma e

oposta (P = 0.883). Para a posição mesma e oposta, o tempo de reação para baixo contraste do E2 foi significativamente maior do que para alto contraste (P < 0.001; P < 0.001; respectivamente). Veja a Figura 5.

Finalmente, houve interação entre os fatores contraste do E2 e posição relativa do E2. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para posição mesma não diferiu significativamente da oposta para E1 auditivo (P = 0.949). O tempo de reação para posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta para E1 visual (P = 0.011). As demais possíveis comparações não foram significativas. Veja a Figura 5.

**Figura 5 -** Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1.



E1, estímulo precedente.

**Tabela 7** – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contraste alto	Contraste baixo
E1 visual	9 ± 7	27 ± 5
E1 auditivo	-5 ± 6	9 ± 6

E1, estímulo precedente.

#### 3.2.2 Acurácia

Para a primeira parte do teste (sem E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 5,4% de erros do tipo inversão, 0,5% de erros do tipo omissão e 0% de erros do tipo antecipação.

Para a segunda parte do teste (com E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 4,2% de erros do tipo inversão, 1% de erros do tipo omissão e 0% de erros do tipo antecipação.

Para os erros do tipo inversão (veja a Tabela 8) foi realizada a análise de Friedman comparando o número de erros na modalidade visual e auditiva, contraste baixo e alto, e posição mesma e oposta. Foi evidenciada diferença significativa (P = 0,001) e assim, os dados foram analisados com o teste de Wilcoxon. Para cada modalidade e para nível de contraste, foi comparado o número de erros de inversão quando E2 aparecia na posição mesma com o número de erros de inversão quando E2 aparecia na posição oposta. Não foi encontrada diferença significativa em nenhuma das comparações mostrando que não houve troca velocidade por acurácia.

**Tabela 8** – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente.

Contraste baixo

				oc barro
	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	13	10	24	38
E1 auditivo	9	8	17	19

Contraste alto

E1, estímulo precedente.

#### 3.3 Discussão Parcial

O tempo de reação para condição de contraste baixo foi maior do que aquele para a condição de contraste alto tanto para os blocos com E1 como para o bloco sem este estímulo. Esta diferença mostra que os estímulos utilizados foram diferentes um do outro para o grupo de participantes.

Quando a atenção foi mobilizada pelo E1 visual, o tempo de reação para a posição mesma foi significativamente menor do que aquele para a posição oposta, apenas quando o contraste do E2 era baixo. A manifestação do efeito atencional unimodal na ausência de ruído sugere, de acordo com resultados anteriores (Liu et al., 2009; Pestilli, Carrasco, 2005), que a atenção unimodal visual aumenta o sinal.

Os resultados mostram ainda que a manifestação do efeito atencional unimodal depende do nível de contraste do E2. Provavelmente quando o contraste do E2 é alto a atenção modula o processamento do E2 aumentando o sinal na posição mesma. No entanto, como o contraste do E2 já é alto, este aumento do sinal não facilita tanto o processamento em relação à posição oposta, e por isso, o efeito atencional não se manifesta. Já quando o contraste do E2 é baixo, a modulação atencional na posição mesma provoca uma facilitação do processamento significativamente diferente do processamento do E2 na posição oposta e por isso o efeito atencional se manifesta.

O efeito atencional intermodal não se manifestou no presente experimento. Este resultado poderia sugerir que o efeito atencional produzido pelo estímulo precedente auditivo depende da presença de ruído visual na tela. No entanto, é possível que o efeito intermodal

não tenha se manifestado no presente experimento porque a AIE utilizada foi muito curta para a atenção intermodal. Esta hipótese será examinada nos próximos experimentos.

#### 4 EXPERIMENTO 3

O presente experimento foi realizado com o objetivo de examinar se uma AIE mais longa permitiria que o efeito atencional intermodal se manifestasse. Para testar esta hipótese, a mesma tarefa do Experimento 2 foi realizada em uma AIE mais longa. Caso o efeito atencional se manifestasse, poderíamos concluir que a atenção intermodal não depende apenas da presença de ruído visual, mas que na ausência de ruído, seus efeitos demoram mais tempo para se manifestar. No entanto, caso o efeito atencional não se manifestasse em tal AIE poderíamos concluir que o efeito atencional intermodal depende da presença de ruído visual e que a atenção intermodal produz seus efeitos exclusivamente por meio da diminuição de ruído externo.

Os resultados de McDonald et al. (2003) sugerem que uma área unimodal (córtex occipital ventral do giro fusiforme, neste caso) é modulada por um estímulo precedente auditivo apenas 15-25 ms depois da modulação de uma área multimodal (córtex temporal superior). Com base neste resultado, aumentamos a AIE em 26 ms para que houvesse tempo necessário para ativação de área unimodal e assim, o efeito intermodal se manifestasse.

#### 4.1 Material e Métodos

**Participantes.** Nove adultos jovens do sexo masculino e seis adultos jovens do sexo feminino. Três participantes (dois participantes do sexo masculino e uma do sexo feminino) foram excluídos devido ao alto número de erros cometidos (mais que 15% das tentativas erradas). Doze participantes tiveram seus dados analisados, estes eram estudantes universitários;  $19 \pm 0.28$  anos; destros com quociente de lateralidade  $0.83 \pm 0.04$ , avaliados através do Questionário de Edinburgh (Oldfield, 1971). As características dos voluntários incluídos foram as mesmas consideradas no Experimento 1.

**Equipamentos.** Os mesmos equipamentos do experimento anterior foram utilizados.

**Procedimento.** O procedimento utilizado foi muito semelhante ao Experimento 2. A única diferença foi que o intervalo entre o fim do E1 e o início do estímulo E2 foi 26 ms maior que o intervalo utilizado no experimento anterior.

**Análise dos Dados.** A mesma análise do Experimento 2 foi realizada.

#### 4.2 Resultados

Doze voluntários foram incluídos (cinco do sexo feminino e sete do sexo masculino).

## 4.2.1 Tempo de Reação

Foram analisadas apenas as tentativas em que os sujeitos responderam corretamente ao E2.

Para a primeira parte da sessão de teste, em que não havia E1, o teste-t revelou que o tempo de reação para a condição de menor contraste do E2 foi significativamente maior do que para a condição de maior contraste ( $526 \pm 17$  ms e  $455 \pm 12$  ms, respectivamente;  $t_{11} = 8,17$ ; P < 0,001).

Para a segunda parte da sessão de teste, em que havia E1, foi realizada análise de variância e seus resultados estão resumidos na Tabela 9. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 10.

**Tabela 9** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta).

(mesma e oposta).			
EFEITO	GI	F	P
Modalidade do E1	1,11	0,709	0,417
Contraste do E2	1,11	86,344	<0,001*
Posição relativa do E2	1,11	9,461	0,010*
Modalidade do E1 X Contraste do E2	1,11	0,044	0,837
Modalidade do E1 X Posição relativa do E2	1,11	0,531	0,481
Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	0,608	0,452
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	0,330	0,577

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*) e os marginalmente significativos com uma cruz (+). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, P valor.

**Tabela 10 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

**Contraste baixo** 

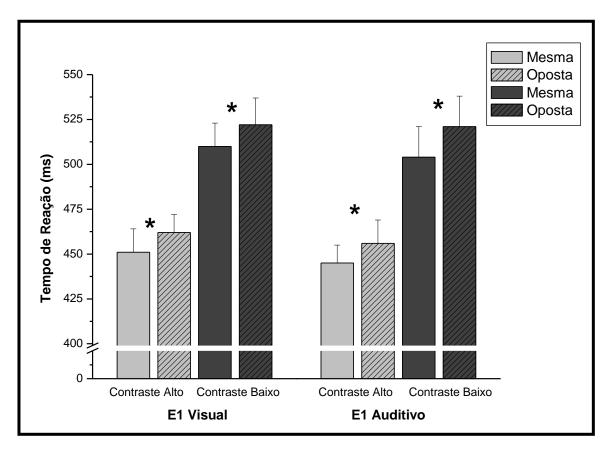
	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	451 ± 13	462 ± 10	$510 \pm 13$	522 ± 15
E1 auditivo	445 ± 10	456 ± 13	504 ± 17	521 ± 17

**Contraste alto** 

E1, estímulo precedente.

Houve efeito principal para o fator contraste do E2 indicando que o tempo de reação foi significativamente menor para contraste alto em relação ao contraste baixo. Também houve efeito principal para posição relativa do E2 mostrando que o tempo de reação para a posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta. Não houve qualquer interação. Veja Figura 6.

**Figura 6 -** Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1.



E1, estímulo precedente.

**Tabela 11** – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contraste alto	Contraste baixo
E1 visual	11 ± 5	12 ± 8
E1 auditivo	11 ± 4	18 ± 6

E1, estímulo precedente.

#### 4.2.2 Acurácia

Para a primeira parte do teste (sem E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 6% de erros do tipo inversão, 2% de erros do tipo omissão e 0,7% de erros do tipo antecipação.

Para a segunda parte do teste (com E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 4% de erros do tipo inversão, 0,5% de erros do tipo omissão e 0% de erros do tipo antecipação.

Para os erros do tipo inversão (veja a Tabela 12) foi realizada a análise de Friedman comparando o número de erros na modalidade visual e auditiva, contraste baixo e alto, e posição mesma e oposta. Não foi evidenciada diferença significativa (P = 0,281) mostrando que não houve troca velocidade por acurácia.

**Tabela 12** – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente.

Contraste baixo

	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	10	12	23	15
E1 auditivo	9	14	21	27

Contraste alto

E1, estímulo precedente.

## 4.2.3 Comparação entre os Experimentos 2 e 3

Os dados de tempo de reação da segunda sessão de teste foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas, tendo como fatores: experimento (Experimento 2 e 3), modalidade do E1 (visual e auditivo), contraste do E2 (baixo ou alto) e posição relativa do E2 (mesma e oposta). Quando apropriado, esses dados foram adicionalmente tratados com o teste *post hoc* de Tukey. Os resultados da análise de variância e seus resultados estão resumidos na Tabela 13.

**Tabela 13** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores o experimento (experimento 2 e 3), a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) a a posição relativa do E2 (marma a oposto)

ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta).

ou ouixo) e a posição felativa do L2 (i	Gl	F	P
Experimento	1,22	0,740	0,398
Modalidade do E1	1,22	0,702	0,411
Modalidade do E1 X Experimento	1,22	0,160	0,692
Contraste do E2	1,22	181,309	<0,001*
Contraste do E2 X Experimento	1,22	0,449	0,509
Posição relativa do E2	1,22	17,608	<0,001*
Posição relativa do E2 X Experimento	1,22	0,225	0,639
Modalidade E1 x Contraste do E2	1,22	0,438	0,514
Modalidade E1 X Contraste do E2 X	1,22	0,112	0,740
Experimento			
Modalidade E1 X Posição relativa do E2	1,22	2,815	0,107
Modalidade do E1 X Posição relativa do	1,22	5,828	0,024*
E2 X Experimento			
Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,22	9,120	0,006*
Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,22	3,539	0,07+
X Experimento			
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X	1,22	0,036	0,852
Posição relativa do E2			
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X	1,22	0,526	0,476
Posição relativa do E2 X Experimento			

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*) e os marginalmente significativos com uma cruz (+). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, P valor.

Houve efeito principal para o fator contraste do E2 indicando que o tempo de reação foi significativamente menor para contraste alto em relação ao contraste baixo. Também houve efeito principal para posição relativa do E2 mostrando que o tempo de reação para a posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta.

Houve interação entre os fatores modalidade do E1, posição relativa do E2 e Experimento. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para a posição mesma foi

menor do que para a posição oposta apenas para E1 visual no Experimento 2 (P = 0,002) e para E1 auditivo no Experimento 3 (P = 0,020). Já as diferença entre as posições mesma e oposta para E1 auditivo no Experimento 2 (P = 0,997) e E1 visual no Experimento 3 (P = 0,09) não alcançou significância de 0,05.

A interação entre os fatores contraste do E2, posição relativa e experimento foi marginalmente significativa. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para a posição mesma foi menor do que para a posição oposta apenas para contraste baixo do E2 no Experimento 2 (P < 0.001). A análise também mostrou que o tempo de reação para a posição mesma foi menor do que para a posição oposta para contraste baixo e alto no Experimento 3 (P = 0.044 e P = 0.003; respectivamente).

#### 4.3 Discussão Parcial

O tempo de reação para a condição de contraste baixo foi maior do que aquele para a condição de contraste alto tanto para os blocos com E1 como para o bloco sem este estímulo. Esta diferença mostra que os estímulos utilizados foram diferentes um do outro para o grupo de participantes.

Neste experimento o efeito atencional intermodal se manifestou. Este resultado suporta a hipótese de que a atenção mobilizada por um estímulo auditivo necessita de um tempo maior que 133 ms para que o processamento do estímulo visual seja facilitado.

Neste experimento o efeito atencional tanto unimodal como intermodal não variou de acordo com o nível de contraste do E2. No caso da atenção intermodal este resultado poderia sugerir que o efeito deste tipo de atenção não varia de acordo com o nível de contraste do E2. No entanto, o efeito da atenção unimodal deveria ter variado com o nível de contraste do E2, já que isto aconteceu no Experimento 2. Uma possível explicação para a discrepância é que não haja uma graduação da atuação da atenção fina o bastante para se manifestar com os níveis de contraste utilizados.

#### **5 EXPERIMENTO 4**

O Experimento 4 foi realizado com o objetivo de testar a hipótese de que em uma situação que requer a utilização de uma estratégia espacial o efeito intermodal se manifesta em uma AIE mais curta. Empregamos uma tarefa em que os voluntários deveriam localizar o E2. Assim como nos Experimentos 2 e 3, havia dois níveis de contraste do E2, e a mesma AIE do Experimento 2 foi utilizada. Esperávamos que o efeito atencional intermodal se manifestasse evidenciando que quando estratégia espacial é utilizada, a atenção intermodal atua mais rapidamente.

#### 5.1 Material e Métodos

**Participantes.** Seis adultos jovens do sexo masculino e dez adultos jovens do sexo feminino. Quatro participantes do sexo feminino foram excluídas devido ao alto número de erros cometidos (mais que 15% das tentativas erradas). Doze participantes tiveram seus dados analisados, estes eram estudantes universitários;  $21 \pm 0.85$  anos; 11 destros com quociente de lateralidade  $0.84 \pm 0.04$  e uma canhota com quociente da lateralidade de -0.88, avaliados através do Questionário de Edinburgh (Oldfield, 1971). As características dos voluntários incluídos foram as mesmas consideradas no Experimento 1.

**Equipamentos**. Os mesmos equipamentos do experimento anterior foram utilizados.

**Procedimento.** O procedimento utilizado foi muito semelhante ao Experimento 2. A diferença foi que a frequência do Gabor era sempre 1 cpg e em 50% das tentativas o E2 aparecia 0,5° abaixo da altura do PF e em 50% das tentativas 0,5° abaixo da altura do PF do lado esquerdo ou direito (8,5° à direita ou esquerda do PF).

**Análise dos Dados.** A mesma análise do Experimento 2 foi realizada.

#### 5.2 Resultados

Doze voluntários foram incluídos (sete do sexo feminino e cinco do sexo masculino).

## 5.2.1 Tempo de Reação

Foram analisadas apenas as tentativas em que os sujeitos responderam corretamente ao E2.

Para a primeira parte da sessão de teste, em que não havia E1, o teste-t revelou que o tempo de reação para a condição de menor contraste do E2 foi significativamente maior do que para a condição de maior contraste ( $523 \pm 24$  ms e  $481 \pm 24$  ms, respectivamente;  $t_{11} = -3.72$ ; P = 0.003).

Para a segunda parte da sessão de teste, em que havia E1, foi realizada análise de variância e seus resultados estão resumidos na Tabela 14. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 15.

**Tabela 14** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e a posição relativa do E2 (mesma e oposta).

(mesma e oposta).			
EFEITO	GL	F	P
Modalidade do E1	1,11	8,534	0,013*
Contraste do E2	1,11	56,542	<0,001*
Posição relativa do E2	1,11	25,628	<0,001*
Modalidade do E1 X Contraste do E2	1,11	1,284	0,281
Modalidade do E1 X Posição relativa do E2	1,11	3,082	0,106
Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	3,315	0,095
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X Posição relativa do E2	1,11	0,207	0,657

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*) e os marginalmente significativos com uma cruz (+). GL, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, P valor.

**Tabela 15 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma e oposta de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

**Contraste baixo** 

	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
E1 visual	$445 \pm 20$	466 ± 19	471 ± 16	502 ± 21
E1 auditivo	443 ± 16	446 ± 17	$458 \pm 18$	478 ± 19

**Contraste alto** 

E1, estímulo precedente.

Houve efeito principal para o fator modalidade do E1 indicando que o tempo de reação foi significativamente maior para E1 visual do que E1 auditivo. Houve efeito principal para o fator contraste do E2 indicando que o tempo de reação foi significativamente menor para contraste alto em relação ao contraste baixo. Também houve efeito principal para posição relativa do E2 mostrando que o tempo de reação para a posição mesma foi significativamente menor do que para a oposta. Não houve qualquer interação. Veja Figura 7.

Mesma 550 Mesma 525 Oposta Tempo de Reação (ms) 500 \* 475 450 425 400 0 Contraste Alto Contraste Baixo Contraste Alto Contraste Baixo E1 Visual E1 Auditivo

**Figura 7 -** Tempo de reação médio em milisegundos (± e.p.m.) para as posições mesma e oposta para os níveis de contraste alto e baixo de acordo com a modalidade do E1.

E1, estímulo precedente.

**Tabela 16** – Magnitude do efeito atencional médio (± e.p.m) em milisegundos para cada contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contraste alto	Contraste baixo
E1 visual	21 ± 7	31 ± 7
E1 auditivo	3 ± 7	20 ± 10

E1, estímulo precedente.

### 5.2.2 Acurácia

Para a primeira parte do teste (sem E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 7,5% de erros do tipo inversão, 2,5% de erros do tipo omissão e 0,1% de erros do tipo antecipação.

Para a segunda parte do teste (com E1), a porcentagem de cada tipo de erro em relação ao número total de testes (incluindo os de reposição) foi 5,3% de erros do tipo inversão, 0,8% de erros do tipo omissão e 0% de erros do tipo antecipação.

Para os erros do tipo inversão (veja a Tabela 17) foi realizada a análise de Friedman comparando o número de erros na modalidade visual e auditiva, contraste baixo e alto, e posição mesma e oposta. Não foi evidenciada diferença significativa (P = 0,147) mostrando que não houve troca velocidade por acurácia.

**Tabela 17** – Soma do número de erros para as posições mesma e oposta de acordo com o nível de contraste e modalidade do estímulo precedente.

Contraste baiyo

	Contra	Contraste atto		Contraste baixo	
	Mesma	Oposta	Mesma	Oposta	
E1 visual	15	27	27	22	
E1 auditivo	20	20	17	26	

Contraste alto

E1, estímulo precedente.

#### 5.3 Discussão Parcial

O tempo de reação para condição de contraste baixo foi maior do que aquele para a condição de contraste alto tanto para os blocos com E1 como para o bloco sem este estímulo. Esta diferença mostra que os estímulos utilizados foram diferentes um do outro para o grupo de participantes.

Neste experimento o efeito atencional intermodal se manifestou para a AIE de 133 ms. A magnitude do efeito atencional não variou de acordo com o nível de contraste do E2 tanto para atenção intermodal como unimodal. Este resultado está de acordo com aquele do experimento anterior sugerindo que o efeito da atenção sobre aumento de sinal não é tão fino a ponto de variar com o contraste do E2.

O resultado deste experimento suporta a hipótese de que a manifestação do efeito intermodal varia de acordo com AIE e com o tipo de tarefa. Ele poderia ser explicado pelo mecanismo de retro-alimentação de áreas multisensoriais para áreas unimodais (Driver,

Spence, 1998; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003). Outra possibilidade é que o mecanismo de discriminação de objeto é mais lento que o mecanismo de localização. Segundo esta hipótese, o efeito atencional unimodal não diferiu entre as tarefas utilizadas no presente trabalho, porque a AIE já teria sido longa o suficiente para que a discriminação de objeto e a localização espacial pudessem ocorrer. No entanto, dados da literatura não sugerem que exista uma diferença na manifestação do efeito atencional unimodal entre tarefas de discriminação de características do objeto e localização (Righi, Ribeiro-do-Valle, 2011). Neste trabalho o efeito atencional unimodal se manifestou tanto em tarefas de localização como em tarefas de discriminação de características do objeto. Por isso, consideramos que o mecanismo de retro-alimentação explica melhor os resultados encontrados.

## 6 DISCUSSÃO GERAL

O presente trabalho teve o objetivo de analisar algumas das características do efeito atencional intermodal. Examinamos de que modo este efeito depende da relação sinal/ruído e da assincronia entre o início dos estímulos de acordo com o tipo de tarefa realizada. O Experimento 1 mostrou que o efeito da atenção intermodal se manifesta na presença de ruído visual externo sugerindo que atenção intermodal atua pelo menos em parte excluindo o ruído externo. O Experimento 2 mostrou que o efeito atencional intermodal não se manifesta quando não há ruído externo em uma AIE curta. O Experimento 3 mostrou que quando a AIE é maior que a utilizada nos experimentos anteriores, o efeito intermodal se manifesta na ausência de ruído visual externo. Finalmente, o Experimento 4 mostrou que em uma tarefa de localização, o efeito intermodal se manifesta também em uma AIE curta.

O efeito atencional intermodal se manifestou em uma tarefa em que havia ruído externo sugerindo que a atenção diminui o ruído externo. A adição de ruído neste trabalho poderia ser considerada como uma adição de novos estímulos, o que geraria uma competição. Em um estudo utilizando a técnica de imageamento funcional por ressonância magnética Kastner et al. (1998) mostraram que há uma diminuição da atividade de neurônios de V4 quando quatro estímulos são apresentados simultaneamente em relação a quando são apresentados sequencialmente. Este efeito de competição diminuía quando a atenção era orientada para um dos estímulos. Os autores sugeriram que quando vários estímulos visuais ocupam o mesmo campo receptivo de um neurônio, há uma competição entre eles. A atenção filtraria a informação irrelevante representada pelos estímulos não atendidos. Mais recentemente Mitchel et al. (2009) mostraram, por meio de medidas eletrofisiológicas, uma alta variabilidade no disparo de neurônios de V4 enquanto um macaco realizava uma tarefa com estímulos alvos e distratores. Quando a atenção era orientada para o local correspondente ao campo receptivo do neurônio, a variabilidade do disparo diminuía.

O ruído utilizado pode ter aumentado a variabilidade do disparo neuronal e/ou gerado competição entre estímulos visuais. Portanto a manifestação do efeito atencional intermodal sugere que a atenção diminui a competição e/ou a variabilidade do disparo neuronal. Este seria um possível mecanismo neurofisiológico para o efeito comportamental observado.

Por outro lado, apesar da diferença temporal, foi observado que na ausência de ruído externo, o efeito atencional intermodal também se manifesta. Este resultado mostra que o mecanismo envolvido não seria apenas o da diminuição de ruído externo visual, mas também

de aumento de sinal. Um possível mecanismo neurofisiológico para o efeito comportamental observado seria que a atenção poderia aumentar o disparo da rede neuronal que codifica o estímulo alvo. Reynolds et al. (2000) registraram a atividade de neurônios de V4 de macacos enquanto eles atendiam a uma região do espaço que poderia conter alvo de maior ou menor contraste. Quando a atenção era orientada para uma região correspondente ao campo receptivo dos neurônios registrados, eles disparavam mais do que na ausência de atenção. Este aumento do disparo era mais significativo quando o alvo tinha contraste baixo do que quando tinha contraste alto. Os autores concluíram que a atenção produz um aumento de sensibilidade sobre os neurônios de V4 sem um aumento substancial para altos níveis de contraste. Diferentemente destes achados eletrofisiológicos, os achados do presente trabalho não foram claros em relação ao aumento de sensibilidade que a atenção poderia produzir de acordo com diferentes níveis de contraste do alvo. Deve-se notar que os achados eletrofisiológicos dizem respeito à atenção unimodal visual. É perfeitamente possível que a atenção intermodal não produza os mesmos efeitos que a atenção unimodal.

A manifestação de um efeito comportamental tanto quando há ruído externo como quando não há, sugere que a atenção intermodal aumenta o sinal e diminui o ruído externo ou que ela diminui o ruído interno (Lu, Dosher, 1998). Este seria a somatória de fatores que interferem no processamento perceptual, como, por exemplo, perda durante a transmissão da informação e variabilidade do disparo neuronal (Lu, Dosher, 1998). Os resultados comportamentais não permitem que a distinção entre estes mecanismos seja feita.

Adicionalmente, o efeito intermodal se manifestou em AIEs diferentes de acordo com as características da tarefa. Quando uma tarefa de discriminação de frequência foi realizada, o efeito intermodal se manifestou na AIE de 159 ms e não se manifestou na AIE de 133 ms. As diferenças temporais na manifestação do efeito intermodal de acordo com o tipo de tarefa concordam com a hipótese de que o efeito da atenção intermodal demoraria mais tempo para se manifestar em tarefas de discriminação das características do alvo. Este resultado pode ser devido ao mecanismo de retro-alimentação anteriormente sugerido (Driver, Spence, 1998; McDonald, Ward 2000; McDonald et al., 2003). Outros resultados da literatura suportam a ideia de que o mecanismo da atenção intermodal envolveria tanto áreas multimodais como unimodais. Em um modelo experimental desenhado, o voluntário deveria orientar a atenção para determinado lado espaço e para certa modalidade sensorial. Medidas eletrofisiológicas mostraram maior atividade sensorial do estímulo da modalidade atendida do lado atendido em

relação ao lado não atendido. No entanto, essa diferença entre o lado atendido e não atendido também foi encontrada para o estímulo da modalidade não atendida, mas neste caso, a diferença foi menor. Os autores concluíram que o efeito da atenção em uma modalidade se espalha para outra, e que a atenção teria mecanismos supramodais, já que o voluntário orientava a atenção para um lado e os efeitos eram observados para qualquer modalidade sensorial (Eimer, Schröger 1998; Teder-Sälejärvi et al., 1999). No entanto, os autores consideraram que os efeitos modalidade específicos também estavam presentes, já que a diferença da atividade eletrofisiológica entre o lado atendido e o lado não atendido era maior para o estímulo da modalidade atendida em relação ao estímulo da modalidade não atendida (Eimer, Schröger 1998; Teder-Sälejärvi et al., 1999).

A maior latência observada para a manifestação do efeito da atenção intermodal nos Experimentos 2 e 3 e não nos Experimentos 1 e 4 pode estar relacionada com processamento espacial. No Experimento 1, o ruído visual aparece na tela antes do estímulo alvo ser apresentado. Assim, quando a atenção é mobilizada pelo estímulo precedente ela pode diminuir o ruído basal e deste modo o processamento do estímulo alvo é mais rápido e/ou acurado. Como este ruído visual não constitui um objeto, sua diminuição não estaria relacionada com um grupo de neurônios que processam um objeto específico. Provavelmente, a diminuição deste ruído está mais relacionada a um processamento espacial, ou seja, diminuição do ruído basal dos neurônios que possuem campo receptivo que representa o lado ao qual a atenção foi orientada. O Experimento 4 evidencia que em uma tarefa de natureza espacial o efeito intermodal se manifesta em uma AIE curta, já que uma tarefa de localização foi realizada. Por outro lado, nos Experimentos 2 e 3, nos quais o estímulo alvo tinha contrastes diferentes e discriminação de frequência foi realizada, apenas uma facilitação espacial inespecífica às características do objeto não seria suficiente para que o efeito atencional intermodal fosse produzido. Provavelmente, quando discriminação de frequência é necessária, áreas visuais específicas terão que ser facilitadas pela atenção intermodal para que este efeito apareça. Esta facilitação levará algum tempo já que é intermediada pela área multimodal (Driver, Spence, 1998; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003). Por outro lado, quando uma tarefa de localização é realizada a área multimodal por ela mesma seria capaz de codificar pelo menos parcialmente a localização do alvo e o efeito atencional intermodal apareceria mais cedo.

Uma possível questão seria porque a facilitação atencional de neurônios multisensoriais só produziria efeito sobre o processamento espacial. Neurônios multisensoriais respondem a estímulos de diferentes modalidades quando cada uma é apresentada separadamente. Já quando estímulos de mais de uma modalidade são apresentados ao mesmo tempo, a média dos disparos desses neurônios é maior do que a média dos seus disparos provocados pelo estímulo de uma só modalidade (Stein et al., 2006). Ainda, quando estímulos de diferentes modalidades não são coincidentes em espaço, se observa uma diminuição na atividade destes neurônios multisensoriais (Stein et al., 2006).

Este aumento de atividade ou supressão característica de neurônios multisensoriais estaria relacionado à sobreposição do campo receptivo visual e do campo receptivo auditivo que ocorre de maneira muito precisa (Stein et al., 2006). Portanto, ao menos a representação espacial pode não depender tanto de modalidade sensorial. Esta ideia concorda com a visão de que áreas multisensoriais como área intraparietal ventral e área intraparietal lateral teriam uma representação muito semelhante ao mundo exterior (Ghazanfar et al., 2006). Assim, se a atenção intermodal primeiro facilita estes neurônios, quando a AIE é curta o efeito só aparece para a tarefa em que a estratégia espacial é utilizada (Experimento 1, eliminação de ruído; Experimento 4, localização espacial).

No entanto a representação de um objeto em neurônios multisensoriais parece algo mais crítico. Ghazanfar et al. (2006) discutem que neurônios do lobo temporal poderiam representar objetos independentemente de sua modalidade sensorial, mas que estes efeitos podem ser contexto/tarefa dependentes, e que mais estudos precisam ser feitos. Neste caso, a face de alguém ou sua voz representariam um mesmo objeto com um componente visual ou auditivo. Trabalho que utilizou a técnica de imageamento funcional por ressonância magnética mostrou que neurônios disparam tanto para face como para voz correspondentes (von Kriegstein et al., 2005), ou seja, estes dois componentes fariam parte de um mesmo objeto. Seguindo este mesmo raciocínio, um pássaro e o seu canto poderiam representar um mesmo objeto, assim como um carro e o som que ele emite. Os objetos utilizados nestes trabalhos são complexos, são objetos que naturalmente possuem um componente visual e outro auditivo. Neste caso, a representação de um objeto multisensorial, ou o disparo de um mesmo grupo neurônios independentemente do componente apresentado (visual ou auditivo), faz sentido. Um objeto que ao longo de toda uma vida se constituiu como um objeto multisensorial poderia ter neurônios multisensoriais respondendo a ele. Neste caso, talvez,

estes neurônios multisensoriais poderiam atuar na discriminação entre duas faces ou duas vozes. Portanto, a facilitação destes neurônios realizada pela atenção já produziria um efeito comportamental e o observaríamos em uma AIE curta. No entanto, o alvo utilizado no presente trabalho foi um Gabor. Com o treino ao longo das tentativas, este Gabor pode ter passado a constituir um objeto visual e os participantes foram capazes inclusive de reconhecer diferenças de acordo com sua frequência espacial. No entanto, o Gabor não é um objeto que aprendemos a reconhecer no dia-a-dia, ele não tem um componente naturalmente auditivo, como uma face com sua voz. Portanto, dificilmente eles serão adequadamente representados por neurônios multisensoriais. Ou seja, provavelmente o disparo de neurônios multisensoriais não é suficiente para o reconhecimento da frequência do Gabor. Os neurônios que são específicos para processamento de um objeto puramente visual, que foi aprendido naquele momento, devem ser facilitados. Esta ativação específica levaria mais tempo no caso da atenção intermodal já que primeiramente esta facilita neurônios multisensoriais. Por esta razão, o efeito comportamental só é observado em uma AIE mais longa na tarefa de natureza não espacial.

Com os resultados dos quatro experimentos é possível sugerir uma explicação para algumas das contradições da literatura. O trabalho de Spence e Driver (1997) utilizou uma tarefa espacial (julgamento da elevação do alvo) e com uma AIE de apenas 100 ms, o efeito da atenção mobilizada por um estímulo auditivo sobre o processamento de um estímulo visual foi observado. Neste caso, apenas a modulação espacial era necessária, por isso os efeitos teriam se manifestado em uma AIE mais curta. Por outro lado, o trabalho de Mondor e Amirault (1998) utilizou uma tarefa de discriminação de forma e com uma AIE de 150 ms o efeito intermodal foi menor do que o efeito unimodal. Provavelmente, neste caso, o mecanismo intermodal estava próximo de ser inteiramente concluído e por isso o efeito se manifestou, mas foi menor do que o efeito unimodal. Finalmente, os trabalhos de Santangelo et al (2006), Santangelo e Spence (2007) e Van der Lubbe et al. (2006) realizaram tarefa de discriminação de forma e a menor AIE utilizada nestes trabalhos foi de 200 ms.

## 7 CONCLUSÕES

A primeira conclusão deste trabalho é que a atenção intermodal provavelmente atua tanto por meio de um mecanismo de diminuição do ruído externo como por meio de um mecanismo de aumento do sinal relacionado com o E2 e/ou por um mecanismo de diminuição do ruído interno.

A segunda conclusão deste trabalho é que existe uma diferença temporal na atuação da atenção intermodal dependendo da tarefa realizada. Quando a modulação realizada pela atenção intermodal é apenas espacial, seu efeito se manifesta em uma AIE curta. Já quando a tarefa envolve uma discriminação das características do objeto, a atenção intermodal atua em uma AIE mais longa.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

Anderson EJ, Rees G. Neural correlates of spatial orienting in the human superior colliculus. J Neurophysiol. 2011;106(5):2273-84.

Bartolomeo P, Chokron S. Orienting of attention in left unilateral neglect. Neurosci Biobehav Rev. 2002;26(2):217-34.

Cameron EL, Tai JC, Carrasco M. Covert attention affects the psychometric function of contrast sensitivity. Vision Res. 2002;42(8):949-67.

Castiello U, Umiltà C. Size of the attentional focus and efficiency of processing. Acta Psychol (Amst). 1990;73(3):195-209.

Castiello U, Umiltà C. Splitting Focal Attention. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1992; 18(3):837-48.

Castro-Barros BA, Righi LL, Grechi G, Ribeiro-do-Valle LE. Interlateral asymmetry in the time course of the effect of a peripheral prime stimulus. Brain Cogn. 2008;66(3):265-79.

Cavanaugh J, Wurtz RH. Subcortical modulation of attention counters change blindness. J Neurosci. 2004;24(50):11236-43.

Connor DH, Fukui MM, Pinsk MM, Kastner S. Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus. Nat Neurosci. 2002;5(11):1203-9.

Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nat Rev Neurosci. 2002;3(3):201-15.

Dosher BA, Lu ZL. Noise exclusion in spatial attention. Psychological Science. 2002a;11(2):139-46.

Dosher BA, Lu ZL. Mechanisms of perceptual attention in precuing of location. Vision Res. 2000b;40(10-12):1269-92.

Driver J, Spence C. Attention and the crossmodal construction of space. Trends Cogn Sci. 1998;2(7):254-62.

Eimer M, Schröger E. ERP effects of intermodal attention and cross-modal links in spatial attention. Psychophysiology. 1998;35(3):313–27.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> De acordo com: International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requeriments for manuscripts submitted to Biomedical Journal: sample references. [Cited 2011 Jul 15]. Available from: http://www.icmje.org

Eimer M. Electrophysiology of human crossmodal spatial attention. In: Spence C, Driver J, editors. Crossmodal space and crossmodal attention, New York: Oxford University Press Inc; 2006. p.221-46.

Farah MJ, Wong AB, Monheit MA, Morrow LA. Parietal lobe mechanisms of spatial attention: Modality specific of supramodal? Neuropsychologia. 1989;27(4),461-70.

Ghazanfar AA, Schroeder CE. Is neocortex essentially multisensory? Trends Cogn Sci. 2006;10(6):278-85.

Himmelbach M, Erb M, Karnath HO. Activation of superior colliculi in humans during visual exploration. BMC Neurosci. 2007;14,8:66.

Kastner S, De Weerd P, Desimone R, Ungerleider LG. Mechanisms of directed attention in the human extrastriate cortex as revealed by functional MRI. Science. 1998;282(5386):108-11.

Kerkhoff G. Spatial hemineglect in humans. Prog Neurobiol. 2001;63(1):1–27.

Liu CC, Wolfgang BJ, Smith PL. Attentional mechanisms in simple visual detection: A speed-accuracy trade-off analysis. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2009;35(5):1329-45.

Liu T, Pestilli F, Carrasco M. Transient attention enhances perceptual performance and fMRI response in human visual cortex. Neuron. 2005;45(3):469-77.

Lovejoy LP, Krauzlis RJ. Inactivation of primate superior colliculus impairs covert selection of signals for perceptual judgments. Nat Neurosci. 2010;13(2):261-7.

Lu ZL, Dosher BA. External noise distinguishes attention mechanisms. Vision Res. 1998;38(9):1183-98.

Lu ZL, Lesmes LA, Dosher BA. Spatial attention excludes external noise at the target location. J Vis. 2002;2(4):312-23.

Mazza V, Turatto M, Rossi M, Umiltà C. How automatic are audiovisual links in exogenous spatial attention? Neuropsychologia. 2007;45(3):514-22.

McDonald JJ, Teder-Sälejärvi WA, Ward LM. Multisensory integration and crossmodal attention effects in the human brain. Science. 2001;292(5523):1791.

McDonald JJ, Teder-Sälejärvi WA, Di Russo F, Hillyard SA. Neural substrates of perceptual enhancement by cross-modal spatial attention. J Cogn Neurosci. 2003;15(1):10-9.

McDonald JJ, Ward LM. Involuntary listening aids seeing: Evidence from human electrophysiology. Psychol Sci. 2000;11(2):167-71.

Mitchell JF, Sundberg KA, Reynolds JH. Spatial attention decorrelates intrinsic activity fluctuations in Macaque area V4.Neuron. 2009;63(6):879-88.

Mondor TA, Amirault KJ. Effect of same- and different- modality spatial cues on auditory and visual target identification. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1998;24(3):745-55.

Mort DJ, Malhotra P, Mannan SK, Rorden C, Pambakian A, Kennard C, Husain M. The anatomy of visual neglect. Brain. 2003;126(9):1986-97.

Müller JR, Philiastides MG, Newsome WT. Microstimulation of the superior colliculus focuses attention without moving the eyes. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005;102(3):524-9.

Müller NG, Bartelt OA, Donner TH, Villringer A, Brandt SA. A physiological correlate of the "zoom lens" of visual attention. J Neurosci. 2003;23(9):3561-5.

Oldfield, R.C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. Neuropsychologia. 1971;9(1):97-113.

Pestilli F, Carrasco M. Attention enhances contrast sensitivity at cued and impairs it at uncued locations. Vision Res. 2005;45(14):1867-75.

Posner MI, Cohen Y. Components of visual orienting. In: Bouma H, Bouwhuis GG, editors. Attention and performance. Hillsdale: Erlbaum;1984. p. 531-56.

Prime DJ, McDonald JJ, Green J, Ward LM. When cross-modal spatial attention fails. Can J Exp Psychol.2008;62(3):192-7.

Reynolds JH, Pasternak T, Desimone R. Attention increases sensitivity of V4 neurons. Neuron. 2000;26(3):703-14.

Righi LL, Ribeiro-do-Valle LE. Automatic attention lateral asymmetry in visual discrimination tasks. Psychol Res. 2011;75(1):24-34.

Sais FA. Por que locais demarcados são importantes para o aparecimento do efeito atencional automático? [dissertação]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo; 2011.

Santangelo V, Spence C. Multisensory cues capture spatial attention regardless of perceptual load. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2007;33(6):1311-21.

Santangelo V, Van der Lubbe RHJ, Belardinelli MO, Postma A. Spatial attention triggered by unimodal, crossmodal, and bimodal exogenous cues: a comparison of reflexive orienting mechanisms. Exp Brain Res. 2006;173(1):40-8.

Schneider KA, Kastner S. Effects of sustained spatial attention in the human lateral geniculate nucleus and superior colliculus. J Neurosci. 2009;29(6):1784-95.

Sinnett S, Juncadella M, Rafal R, Azañón E, Soto-Faraco S. A dissociation between visual and auditory hemi-inattention: Evidence from temporal order judgements. Neuropsychologia. 2007;45(3):552-60.

Spence C, Driver J. Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting. Percept Psychophys. 1997;59(1):1-22.

Stein BE, Stanford TR, Wallace MT, Vaughan JW, Jiang W. Crossmodal spatial interactions in subcortical and cortical circuits. In: Spence C, Driver J, editors. Crossmodal space and crossmodal attention, New York: Oxford University Press Inc; 2006. p.25-50.

Steinman SB, Steinman BA, Lehmkuhle S. Visual attention mechanisms show a center-surround organization. Vision Res. 1995;35(13):1859-69.

Störmer VS, McDonald JJ, Hillyard SA. Cross-modal cueing of attention alters appearance and early cortical processing of visual stimuli. Proc Natl Acad Sci U S A. 2009;106(52):22456-61.

Szczepanski SM, Konen CS, Kastner S. Mechanisms of spatial attention control in frontal and parietal cortex. J Neurosci. 2010;30(10):148-60.

Teder-Sälejärvi WA, Münte TF, Sperlich FJ, Hillyard SA. Intra-modal and cross-modal spatial attention to auditory and visual stimuli. An event-related brain potential study. Brain Res Cogn Brain Res. 1999;8(3):327-43.

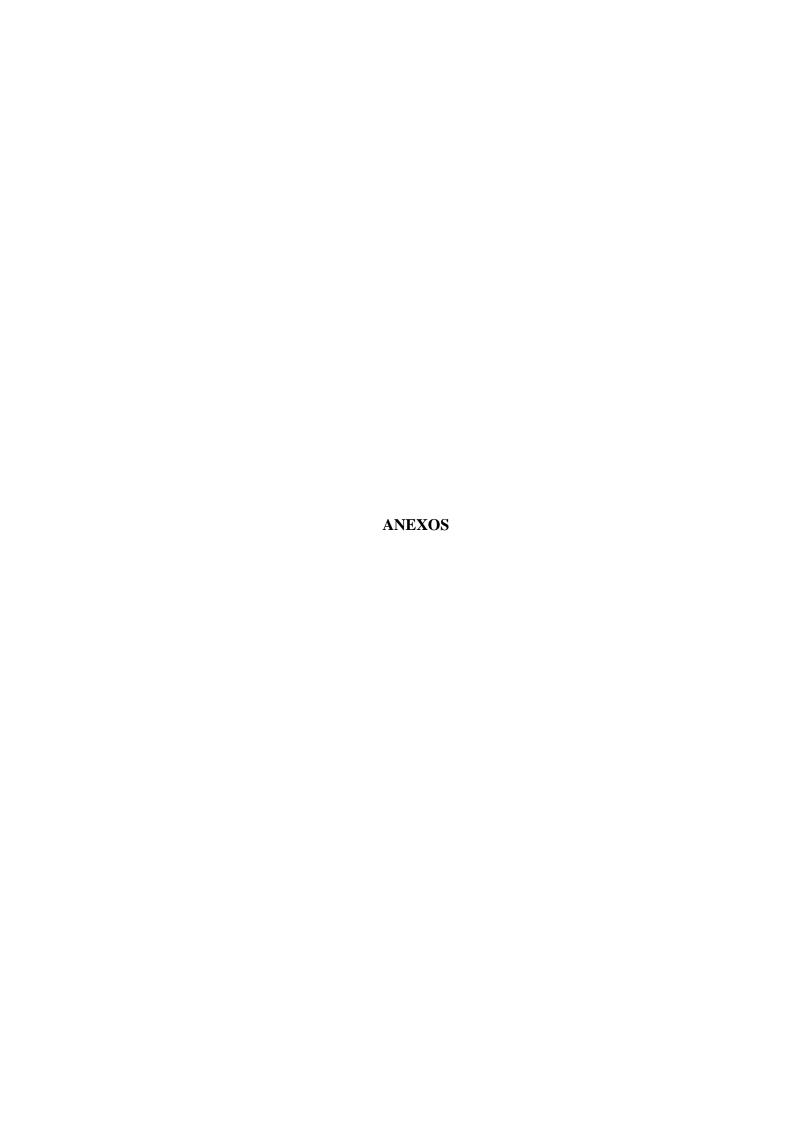
Vallar G. Extrapersonal visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. NeuroImage. 2001;14(1Pt2):S52-8.

Van der Lubbe RHJ, Havik MM, Bekker EM, Postma A. Task-dependent exogenous cuing effects depend on cue modality. Psychophysiology. 2006;43(2):145-60.

von Kriegstein K, Kleinschmidt A, Sterzer P, Giraud AL. Interaction of face and voice areas during speaker recognition. J Cogn Neurosci. 2005;17(3):367-76.

Ward LM. Supramodal and modality-specific mechanisms for stimulus-driven shifts of auditory and visual attention. Can J Exp Psychol. 1994;48(2):242-59.

Ward LM, McDonald JJ, Lin D. On asymetries in cross-modal spatial attention orienting. Percept Psychophys. 2000;62(6):1258-64.



## ANEXO A

## Questionário de Edinburgh (adaptado)

Nome	Idade anos	
Você já teve alguma tendência a ser canhoto?		
Existe algum canhoto na sua família?		
Indicar a preferência manual nas atividades abaixo. Assir	 nale ++ na coluna apro	opriada quando
a preferência for tão forte que você nunca use a outra		
apropriadas quando preferir usar uma das mãos, mas de v	<del>-</del>	
Assinale ++ nas duas colunas quando usar indistintamento	e quaiquer uma das m	aos.
Atividades	Direita	Esquerda
Escrever		
Desenhar Logor amor modes		
Jogar uma pedra Usar uma tesoura		
Usar um pente		
Usar uma escova de dentes		
Usar uma faca (sem o uso do garfo)		
Usar uma colher		
Usar um martelo		
Usar uma chave de fendas		
Usar uma raquete de ping-pong		
Usar uma faca (com o garfo)		
Usar uma vassoura (mão superior)		
Usar um rodo (mão superior) Acender um fósforo		
Abrir um vidro com tampa (mão que segura a tampa)		
Distribuir cartas		
Enfiar a linha na agulha (mão que segura a linha)		
Total		
Quociente de Lateralidade [(D-E)/(D+E)]	-	
Dominância Pedal (chutar uma bola)		_
Dominância Visual Apontando F	Potografando	_
Acuidade Visual OE OD	_ OE+OD	_
Visão de Cores		
	para Acordar	_
Medicamentos em Uso		

ANEXO B

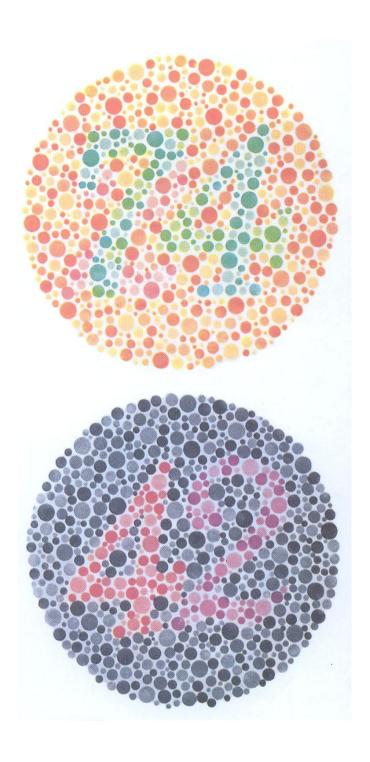
Teste para acuidade visual

7	TABELA DE LEIT	URA PARA PERTO	
0.37 m	2 M W W E S	1 8 2 3 9 6 4 0 7 6 4 7 5 8	J 1
0.50 m j		3 2 8 4 9 9 5 8 3 2	J 2
0.62 m		7 8 3 4 7 6 9 7 5 2	J3
0.75 m		8 5 4 9 3 2 7 6	J4
1.00 m	3 3 M E W E W M	6 7 2 6 1 8 5 9	J 5
1.25 m	M E W 3 M 3. E W	8 4 6 2 7 3 8 6	J6

	TABELA DE LEITURA PARA PERTO	
0.37 m	A visão é o mais importante sentido do ser humano. Através dela recebemos mais da metade das informações que nos chegam do mundo exterior.	J
0.50 m	O exame oftalmológico, feito periodicamente, garante uma boa saúde ocular	J2
0.62 m	Através dele, podem ser detectadas doenças como o glaucoma, diabetes e	J
0.75 m	hipertensão arterial, entre outras. O diagnóstico precoce destas	J
1.00 m	doenças evita que danos sejam causados aos	J :
1.25 m	olhos e a outras partes do organismo.	Je

## ANEXO C

# Teste de Ishihara para daltonismo



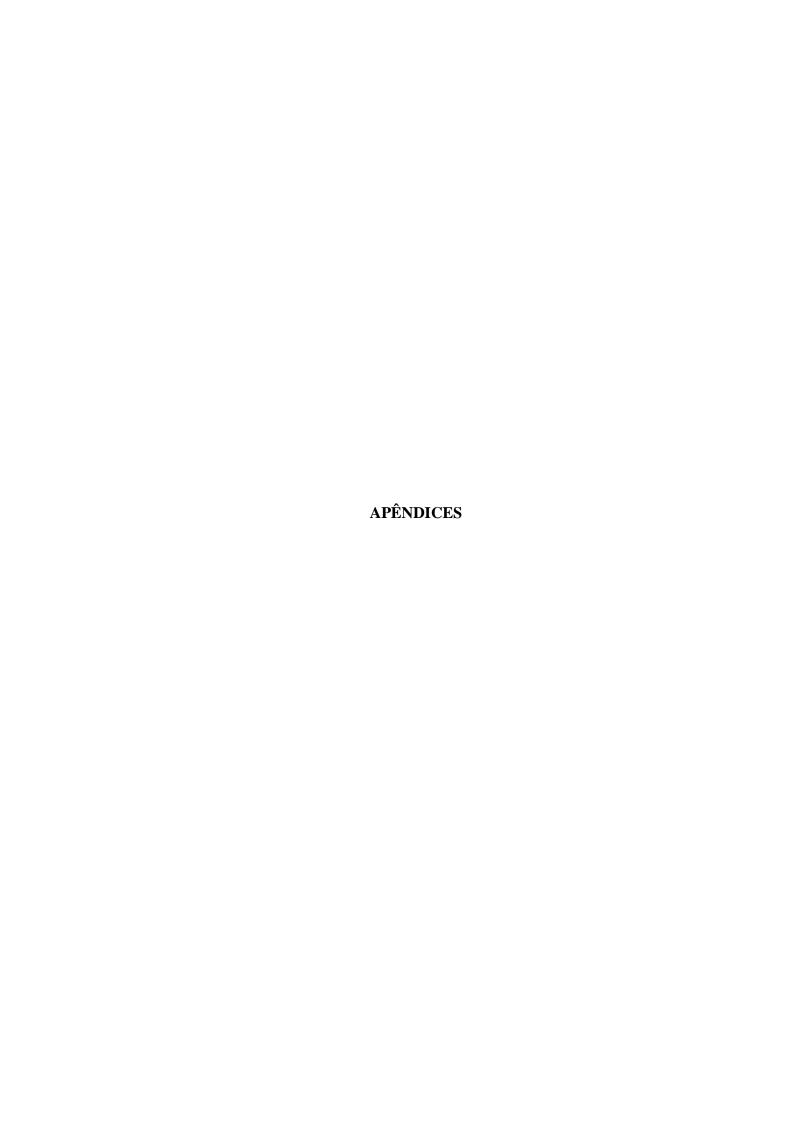
# ANEXO D

# Termo de consentimento livre e esclarecido

# EFEITOS DA ATENÇÃO ESPACIAL AUDITIVA INTERMODAL EM DIFERENTES TAREFAS DE DISCRIMINAÇÃO VISUAL

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo co necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importâr qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.	
	Eu,
, profissão, residente e domiciliado na, portado	r da Cédula de identidade,
RG , e inscrito no CPF/MF nascido(a) em / /	, abaixo assinado(a),
concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a)	do estudo sobre o
desempenho sensório motor. Declaro que obtive todas as informações ne	cessárias, bem como todos
os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas. Es	tou ciente que:
<ol> <li>O estudo se faz necessário para que processos atencion caracterizados.</li> </ol>	nais possam ser melhor
II) Serão realizadas 2 sessões, com duração de aproximadamente 20 entre as sessões será de no mínimo 24 horas e no máximo 7 dias;	) minutos cada. O intervalo
III) Não correrei nenhum tipo de risco ou sofrerei desconforto durant Estas ocorrerão em uma sala com iluminação reduzida e algum isc	-
IV) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração nes que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;	ste estudo no momento em
V) Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus mencionados;	
VI) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento do pesquisa	s resultados, ao final desta
( ) Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.	
( ) Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.	
São Paulo,	de de 200
Voluntário (a):	
Telefone para contato:	
Testemunha 1 :	
Nome / RG / Telefone Testemunha 2:	
Nome / RG / Telefone	
Responsável pelo projeto:	

Luana Lira Righi



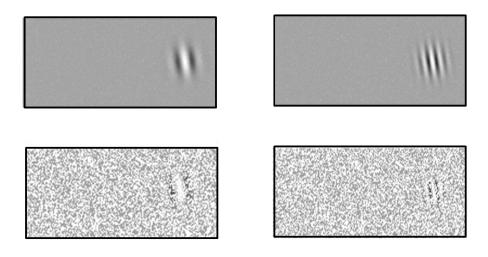
# APÊNDICE A

#### Instruções

#### Experimento 1 – Grupo 1

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Grades mais largas ou mais finas parcialmente cobertas por pontos cinzas e brancos aparecerão na tela do monitor de vídeo. Essas grades poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo e poderão estar cobertas por poucos ou muitos pontos cinzas e brancos. Veja a figura.

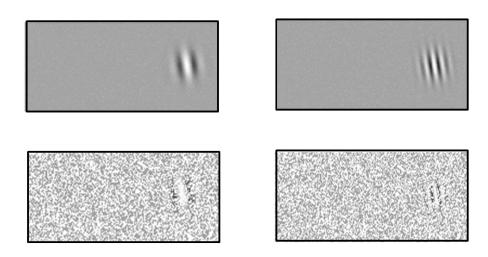


Você deverá apertar o botão do lado esquerdo (o mais externo) com o dedo indicador esquerdo quando a grade mais larga aparecer. Quando a grade mais fina aparecer, você deverá apertar o botão do lado direito com o dedo indicador direito (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual a grade aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

# Experimento 1 – Grupo 2

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Grades mais largas ou mais finas parcialmente cobertas por pontos cinzas e brancos aparecerão na tela do monitor de vídeo. Essas grades poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo e poderão estar cobertas por poucos ou muitos pontos cinzas e brancos. Veja a figura.

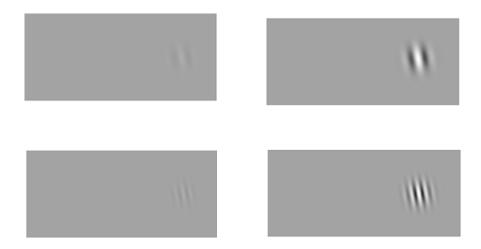


Você deverá apertar o botão do lado direito (o mais externo) com o dedo indicador direito quando a grade mais larga aparecer. Quando a grade mais fina aparecer, você deverá apertar o botão do lado esquerdo com o dedo indicador esquerdo (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual a grade aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

# Experimento 2 e 3- Grupo 1

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Grades mais largas ou mais finas aparecerão na tela do monitor de vídeo. Essas grades poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo e poderão ser mais claras ou mais escuras. Veja a figura.

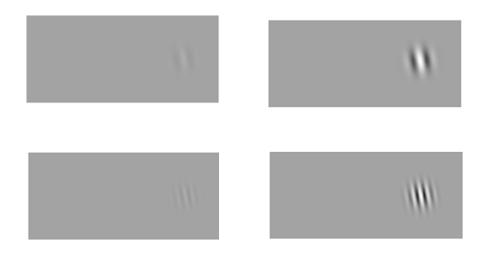


Você deverá apertar o botão do lado esquerdo (o mais externo) com o dedo indicador esquerdo quando a grade mais larga aparecer. Quando a grade mais fina aparecer, você deverá apertar o botão do lado direito com o dedo indicador direito (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual a grade aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

# Experimento 2 e 3 – Grupo 2

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Grades mais largas ou mais finas aparecerão na tela do monitor de vídeo. Essas grades poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo e poderão ser mais claras ou mais escuras. Veja a figura.



Você deverá apertar o botão do lado direito (o mais externo) com o dedo indicador direito quando a grade mais larga aparecer. Quando a grade mais fina aparecer, você deverá apertar o botão do lado esquerdo com o dedo indicador esquerdo (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual a grade aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

#### Experimento 4 – Grupo 1

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Estímulos visuais, como os representados na figura abaixo, aparecerão na tela do monitor de vídeo. Estes estímulos poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo, acima ou abaixo da linha média e poderão ser mais claros ou mais escuros. Veja a figura.



Você deverá apertar o botão do lado esquerdo (o mais externo) com o dedo indicador esquerdo quando o estímulo aparecer **acima** da linha média. Quando o estímulo aparecer **abaixo** da linha média, você deverá apertar o botão do lado direito com o dedo indicador direito (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual o estímulo aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

# Experimento 4 – Grupo 2

Você entrará em uma sala com iluminação reduzida e isolamento acústico parcial. Sentará à frente de um monitor, onde aparecerão estímulos visuais, e apoiará seus braços em uma mesa. Nela haverá uma caixa com cinco botões, os quais você usará para responder aos estímulos.

Na tela do monitor aparecerá uma cruz central que permanecerá na tela durante todo o teste. Você deverá manter seus olhos nesta cruz central. Estímulos visuais, como os representados na figura abaixo, aparecerão na tela do monitor de vídeo. Estes estímulos poderão aparecer do lado direito ou do lado esquerdo, acima ou abaixo da linha média e poderão ser mais claros ou mais escuros. Veja a figura.



Você deverá apertar o botão do lado direito (o mais externo) com o dedo indicador direito quando o estímulo aparecer **acima** da linha média. Quando o estímulo aparecer **abaixo** da linha média, você deverá apertar o botão do lado esquerdo com o dedo indicador esquerdo (o mais externo). Sua resposta é independente do lado o qual o estímulo aparece. RESPONDA O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL SEM COMETER ERROS.

## **APÊNDICE B**

# Análise adicional por frequência

Até a frequência de aproximadamente 8 ciclos por grau (cpg), a sensibilidade ao contraste de frequências aumenta conforme a frequência espacial aumenta, ou seja, a frequência de 8 cpg é percebida a contrastes mais baixos do que a frequência de 2 cgp, por exemplo. Para garantir que as diferenças encontradas no presente trabalho não foram devido a esta diferença de sensibilidade, uma análise adicional do efeito atencional foi realizada para os Experimentos 2 e 3.

**Tabela 1** – Resultados da Análise de Variância do Experimento 2 tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e frequência do E2 (baixa e alta).

EFEITO	GL	F	P
Modalidade do E1	1,11	4,993	0,047*
Contraste do E2	1,11	17,689	0,001*
Frequência do E2	1,11	6,753	0,024*
Modalidade do E1 X Contraste do E2	1,11	0,204	0,660
Modalidade do E1 X Frequência do E2	1,11	0,208	0,656
Contraste do E2 X Frequência do E2	1,11	0,156	0,700
Modalidade do E1 X Contraste do E2 X Frequência do E2	1,11	0,218	0,649

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). GL, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

**Tabela 2** – Magnitude do efeito atencional (± e.p.m) em milisegundos para o Experimento 2, para frequência baixa e alta do E2 de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contra	aste alto	Contraste baixo		
	Freq 1	Freq 2	Freq 1	Freq 2	
E1 visual	3 ± 7	22 ± 10	18 ± 7	30 ± 8	
E1 auditivo	-7 ± 7	1 ± 8	9 ± 5	17 ± 9	

E1, estímulo precedente. Freq, frequência.

**Tabela 3** – Resultados da Análise de Variância do Experimento 3 tendo como fatores a modalidade do E1 (visual e auditiva), contraste do E2 (alto ou baixo) e frequência do E2 (baixa e alta).

~-		
GL	F	P
1,11	0,301	0,593
1,11	0,241	0,632
1,11	8,374	0,014*
1,11	0,005	0,944
1,11	4,834	0,050*
1,11	1,534	0,241
1,11	0,011	0,914
	1,11 1,11 1,11 1,11 1,11	1,11     0,301       1,11     0,241       1,11     8,374       1,11     0,005       1,11     4,834       1,11     1,534

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). GL, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

**Tabela 4** – Magnitude do efeito atencional (± e.p.m) em milisegundos para o Experimento 3, para frequência baixa e alta do E2 de acordo com o contraste do E2 e modalidade do estímulo precedente.

	Contra	ste alto	Contraste baixo		
	Freq 1	Freq 2	Freq 1	Freq 2	
E1 visual	2 ± 5	26 ± 10	-3 ± 9	37 ± 13	
E1 auditivo	13 ± 8	9 ± 6	6 ± 9	20 ± 9	

E1, estímulo precedente. Freq, frequência.

Para o Experimento 2 houve efeito principal para o fator modalidade do E1 indicando que o efeito atencional foi significativamente maior para E1 visual do que E1 auditivo. Houve efeito principal para o fator contraste do E2 indicando que o efeito atencional foi significativamente menor para contraste alto em relação ao contraste baixo. Também houve efeito principal para frequência do E2 mostrando que o efeito atencional para frequência alta foi maior do que para frequência baixa. Não houve qualquer interação.

Para o Experimento 3 houve efeito principal apenas para o fator frequência do E2 mostrando que o efeito atencional para frequência alta foi maior do que para frequência baixa. Houve interação entre os fatores modalidade do E1 e frequência do E2. A análise *post-hoc* mostrou que o efeito atencional para E2 de frequência alta foi maior que para E2 de frequência baixa apenas quando o E1 era visual (P = 0,016).

Em ambos os experimentos o efeito atencional foi maior para Gabor de alta frequência do que para o Gabor de baixa frequência. Este resultado pode indicar que a identificação da frequência de 1 cpg é mais fácil do que a identificação da frequência de 2 cpg. A magnitude do efeito não variou de acordo com o contraste do alvo e frequência, mostrando que os resultados encontrados de que o efeito atencional é maior quando o contraste é mais baixo é independente da frequência do alvo.

# **APÊNDICE C**

Tabelas

Experimento 1- Tempo de Reação

<b>E</b> 1	Visual			Auditivo				
Ruído	al	to	Bai	ixo	Al	to	bai	xo
E1-E2	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta
1	485	499	446	440	451	461	414	457
2	542	572	494	522	489	510	492	498
3	566	544	486	468	513	521	452	465
4	454	463	444	405	451	452	420	431
5	385	423	358	391	370	414	355	378
6	392	415	399	397	407	407	405	396
7	457	480	462	492	462	517	463	453
8	527	539	478	491	490	516	457	461
9	567	563	578	574	589	574	570	566
10	502	546	441	475	511	522	440	453
11	629	602	545	501	549	623	525	510
12	552	526	493	488	559	554	491	486
Média	505	514	469	470	487	506	457	463
E.p.m	21	17	17	16	18	18	17	14

Experimento 2- Tempo de Reação

E1	Auditivo			Visual				
Sinal	alto		Ba	Baixo		to	bai	ixo
E1-E2	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta
1	500	478	491	524	476	502	506	524
2	399	399	406	439	419	396	452	470
3	402	424	475	496	444	419	501	464
4	378	420	438	467	395	386	424	454
5	419	422	479	504	425	408	499	494
6	468	469	502	529	454	437	533	565
7	534	554	575	623	533	534	552	580
8	493	502	535	564	479	465	524	531
9	412	463	490	531	419	441	506	514
10	406	398	458	487	389	418	486	508
11	376	352	429	412	350	343	375	382
12	466	482	495	519	501	480	532	519
Média	438	447	481	508	440	436	491	500
E.p.m	15	16	13	16	15	15	15	15

Tabelas

Experimento 3- Tempo de Reação

E1	Auditivo			Visual				
Sinal	al	to	Ba	ixo	Al	to	bai	xo
E1-E2	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta
1	479	504	526	567	489	504	588	620
2	411	439	450	481	431	451	434	453
3	480	506	571	615	469	507	578	622
4	394	427	480	492	412	421	442	477
5	406	418	478	467	399	397	426	456
6	441	452	477	499	433	444	514	511
7	445	464	490	499	416	436	486	502
8	552	518	600	619	506	526	568	575
9	499	495	547	528	481	488	564	549
10	427	446	461	504	421	419	456	482
11	440	446	502	478	464	481	510	496
12	433	429	542	514	426	404	479	513
Média	451	462	510	522	445	456	504	521
E.p.m	13	10	13	15	10	13	17	17

Tabelas

Experimento 4- Tempo de Reação

<b>E</b> 1			Auditivo			Visual			
Sinal		al	to	Ba	ixo	al	to	ba	ixo
E1-E2		mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta	mesma	oposta
	1	442	444	497	489	454	474	484	489
	2	420	425	428	478	446	443	454	496
	3	485	480	494	552	420	480	492	529
	4	398	409	410	442	391	420	424	427
	5	472	458	523	468	456	506	500	558
	6	489	471	484	531	482	522	523	573
	7	545	530	538	544	561	546	548	625
	8	447	446	451	508	445	449	468	481
	9	479	500	521	520	537	532	506	547
	10	364	342	355	373	362	371	391	389
	11	440	508	449	487	475	520	511	534
	12	342	343	350	345	319	340	353	382
Média		444	446	458	478	446	467	471	502
E.p.m		16	17	18	19	20	19	16	21

# APÊNDICE D

#### Trabalho desenvolvido durante estágio de pesquisa no exterior

# 1 INTRODUÇÃO

O estágio no exterior foi realizado em Londres (Birkbeck College – University of London) durante o período de março a julho de 2012, orientado pelo Prof. Dr. Martin Eimer.

# 1.1 O Registro do EEG e o cálculo do PRE

Durante o período de estágio no exterior foi obtido treinamento na técnica de eletroencefalograma (EEG) a qual registra a atividade elétrica de neurônios. A natureza desta atividade estaria relacionada com potenciais pós-sinápticos e não com potenciais de ação. Em uma situação em que o potencial de ação de dois neurônios que estejam um ao lado do outro ocorre exatamente ao mesmo tempo, a atividade elétrica destes dois neurônios se somariam. No entanto é muito difícil que dois potenciais de ação ocorram exatamente ao mesmo tempo e, além disso, sua duração é muito curta, por isso a chance destes potenciais de ação de se cancelarem é maior do que de se somarem. Já potenciais pós-sinápticos são mais longos, assim, mesmo que eles não comecem exatamente ao mesmo tempo, como duram mais tempo, eles têm mais chance de se somarem. Esta somação ocorreria em neurônios alinhados, como as células piramidais. Portanto é provável que o EEG registre a somação de potenciais pós-sinápticos de células piramidais.

O EEG é registrado continuamente por todo o período em que o participante realiza o experimento. A seguir será feita uma descrição de todo o processo de registro contínuo assim como do cálculo do PRE.

Os eletrodos para o registro do EEG são posicionados seguindo o sistema 10/20. Neste sistema a distância entre dois pontos de referência é medida: a distância entre a depressão entre os olhos logo acima do nariz e entre a protuberância na parte de trás da cabeça. O eletrodo acima de cada um destes pontos de referência (Fpz e Oz, respectivamente) é posicionado a uma distância de 10% do valor total medido. Os demais eletrodos seguem uma

86

distância de 20% do valor total medido. No sistema 10/20 21 eletrodos são posicionados, no

presente trabalho dois eletrodos foram acrescentados a uma distância de 10% do valor total

medido.

Os eletrodos podem estar presos em uma toca, o que facilita a sua colocação. Após

esta fase utiliza-se álcool, e gel condutor é aplicado.

A atividade registrada em cada eletrodo é referenciada a outro eletrodo que

teoricamente está longe do local ativo. Como não existe nenhuma região do corpo que seja

completamente neutra, os locais para colocação dos eletrodos de referência são locais

confortáveis para o participante. Os locais comumente utilizados são o processo mastoide e o

lobo da orelha (Luck, 2005).

Primeiramente o EEG é coletado continuamente por todo o período que o participante

executa a tarefa. Durante este período alguns filtros podem ser aplicados: filtro passa-baixa,

filtro passa-alta ou filtro Notch. O primeiro determina uma frequência de corte a qual

nenhuma frequência acima deste valor será registrada. O filtro passa-alta, determina uma

frequência de corte a qual nenhuma frequência abaixo deste valor será registrada. Finalmente,

o filtro Notch determina um valor de frequência que não será registrado. Estes filtros são

importantes para que certas frequências que não são importantes para a análise sejam

filtradas, como a interferência causada pelas propriedades elétricas da pele do couro cabeludo

e a frequência relacionada ao ruído do próprio amplificador. Para que a atuação destes filtros

fique mais clara, consideremos um exemplo:

Filtro passa-baixa = 40Hz

Filtro passa-alta = 0.01 Hz

Filtro Notch = 50 Hz

Neste caso apenas as frequências entre 0,01Hz e 40Hz serão registradas com exceção

da frequência de 50Hz. O valor de cada um destes filtros depende do que cada pesquisador

quer analisar, eles devem ser aplicados com cuidado, pois podem interferir na amplitude dos

componentes que se está interessado.

Após a coleta do EEG, um dos tipos de análises que podem ser realizadas é o chamado

potencial relacionado ao evento (PRE). Para isso, o EEG que foi registrado continuamente é

segmentado em épocas. A duração de cada uma delas depende de quais componentes serão

analisados. É importante que a época comece antes do aparecimento do estímulo de interesse para que possa ser utilizada como linha de base. Já a duração total depende do componente que o pesquisador está interessado em medir. No caso do N2pc, por exemplo, um componente que se manifesta entre 180 ms e 350 ms após o aparecimento do estímulo de interesse, a época deve ser maior que 350 ms. Então, a média destas épocas é realizada e com isso a atividade que está relacionada ao evento de interesse permanece, e atividade que não está relacionada é eliminada. Assim é possível analisar os componentes que se manifestaram em resposta àquele evento de interesse.

Após o processo de segmentação se inicia o processo de rejeição de artefatos entre eles: piscada, movimento ocular e artefato muscular. O primeiro consiste em uma deflexão de 50-100 μV com duração típica de 200-400 ms (Luck, 2005). Ele pode ser detectado no eletrodo frontal (Fpz) ou em um eletrodo posicionado logo abaixo de um dos olhos. O movimento ocular é detectado pela atividade dos eletrodos que registram o eletrooculograma (EOG) esquerdo e direito. Já os artefatos musculares podem ser detectados em todos os eletrodos em uma voltagem de frequência muito alta e por isso muitos deles são eliminados já com o filtro passa-baixa (Luck, 2005). No entanto, no processo de rejeição de artefatos musculares ainda são eliminadas as épocas com deflexões iguais ou superiores a 80μV.

Após o processo de rejeição a média dessas épocas é realizada e com isso é possível analisar componentes como o N2pc, o componente analisado no presente trabalho.

O N2pc é caracterizado pelo aumento da negatividade no eletrodo posterior contralateral ao evento de interesse em relação ao eletrodo ipsilateral. Este componente se manifesta entre 180 e 300 ms após o aparecimento do estímulo de interesse e se assume que ele reflete a seleção atencional de um alvo entre distratores (Eimer 1996, Luck e Hillyard 1994).

Na maior parte das vezes o N2pc se manifesta em tarefas de busca visual, por isso não há um consenso sobre qual processo atencional estaria principalmente relacionado ao N2pc: seleção do alvo ou supressão de distratores. Eimer (1996) mostrou que N2pc pode se manifestar mesmo na presença de apenas um distrator. Este resultado sugere que N2pc estaria mais relacionado com o processo de seleção do alvo. No entanto, Boehler et al. (2011) mostraram que a amplitude do N2pc varia de acordo com o número de distratores. Outros trabalhos mostraram que o N2pc desaparece quando a filtragem de distratores é inibida ao tornar os distratores importantes ou ao diminuir o número deles (Luck, Hillyard, 1994).

Analises de magnetoencefalografia mostraram que o N2pc teria duas fases. A primeira estaria relacionada com a atividade do córtex parietal posterior (180-200 ms após o aparecimento do evento de interesse). Já a porção mais tardia estaria relacionada com a atividade de regiões mais posteriores como occipital anterior e posterior infero-temporal (220-240 ms após o aparecimento do estímulo de interesse) (Hopf et al., 2000).

#### 2 ESTUDOS REALIZADOS

Durante o estágio no laboratório do Prof. Eimer foram desenvolvidos dois estudos. O primeiro deles foi realizado ainda durante o período de treinamento e está relacionado com distribuição da atenção no espaço. O segundo estudo está relacionado com o trabalho de doutorado desenvolvido no Brasil. Inicialmente pretendíamos desenvolver este estudo no Brasil após o estágio, no entanto, como dominamos a técnica básica de registro eletrofisiológico em menos tempo que o previsto, o período de treinamento foi mais curto que o esperado, e por isso foi possível fazer a coleta dos dados ainda no exterior.

#### 2.1 Estudo 1 – Distribuição da atenção no espaço

Existem evidências de que um estímulo saliente não necessariamente orienta a atenção para o local do espaço em que este estímulo apareceu. Folk et al. (1992) mostraram que um estímulo precedente visual só produzia efeito comportamental quando este tinha alguma relação com o alvo. Quando o estímulo precedente era colorido e o alvo também, o efeito era produzido, mas quando o estímulo precedente aparecia abruptamente e era cinza e o alvo era colorido, o efeito atencional não era produzido. Foi proposta a hipótese de orientação automática contingente, ou seja, a orientação da atenção não seria completamente automática, ela seria dependente das condições da tarefa. Esta hipótese sugere que haveria um controle de cima para baixo (top-down) sobre a orientação atencional mesmo em tarefas que eram classicamente consideradas completamente automáticas, como no caso do aparecimento de um estímulo saliente entre distratores.

Eimer e Kiss (2008) realizaram uma tarefa baseada nos experimentos desenvolvidos por Folk et al. (1992) e mostraram que o componente N2pc se manifestava em uma latência de 180 ms quando os estímulos precedente e alvo eram coloridos. No entanto, quando o

estímulo precedente era colorido, mas o estímulo alvo aparecia abruptamente o N2pc era menor e tardio. Estes resultados mostram que quando o estímulo precedente e alvo compartilham alguma característica, a atenção é rapidamente alocada para o local do estímulo precedente. No entanto, quando os estímulos não têm nenhuma característica em comum, a atenção demora mais tempo para ser alocada e esta orientação não é tão eficiente.

Como é importante que alvo e estímulo precedente tenham características em comum, o que aconteceria em uma situação em que dois estímulos precedentes compartilham características do alvo? No experimento desenvolvido no presente trabalho, dois estímulos coloridos (um verde e outro vermelho) e dois estímulos cinza eram apresentados antes do aparecimento do alvo que poderia ser vermelho ou verde. Foi medido o efeito atencional comportamental e o N2pc em resposta ao estímulo precedente (estímulo colorido). Desta forma pretendíamos analisar se o estímulo precedente mesmo sendo duplo, orientaria a atenção dos participantes. Nesta situação apenas um dos estímulos precedentes tinha a mesma cor do alvo, portanto a atenção poderia não ser orientada. Neste caso esperaríamos ausência de efeito atencional e N2pc para o estímulo precedente duplo. Outra possibilidade seria que o participante considerasse o ser colorido uma categoria e, portanto, esta seria a característica semelhante ao alvo. Desta forma os estímulos precedentes continuariam mobilizando a atenção e esperaríamos efeito atencional e N2pc em resposta ao estímulo precedente duplo. No entanto, mesmo que o participante considere ser colorido como uma categoria, tanto o efeito atencional como o N2pc deveriam ser menores do que em uma situação em que o estímulo precedente é único. Isso aconteceria porque o foco atencional estaria aumentado para englobar ambos os estímulos precedentes ou estaria dividido entre os dois estímulos.

#### 2.1.1 Material e Métodos

<u>Participantes:</u> Doze adultos jovens (3 mulheres; de 23 à 38 anos, média 30 anos; 11 destros, uma voluntária canhota. Os participantes apresentavam visão normal ou corrigida e visão normal de cores (segundo o próprio participante).

<u>Equipamentos:</u> Os participantes foram testados em uma sala com baixo nível de iluminação e razoável isolamento acústico. Eles permaneceram sentados a aproximadamente 100 cm de distância da tela de um monitor de vídeo. Um microcomputador LG Pentium, controlado por um programa desenvolvido com o "Cogent 2000"

(<a href="http://www.vislab.ucl.ac.uk/cogent.php">http://www.vislab.ucl.ac.uk/cogent.php</a>) para MATLAB (Mathworks) apresentou os estímulos e registrou as respostas. Os estímulos eram apresentados a 100 Hz em um monitor de 22" LCD (Samsung), resolução espacial de 1280 x 1024 pixels.

Procedimento: Cada participante realizou uma sessão de teste. Antes desta sessão ele recebeu uma breve explicação sobre a tarefa, além das instruções apresentadas na tela. O participante fazia cerca de 60 tentativas de prática e em seguida as tentativas que realmente foram analisadas se iniciavam. Cada tentativa começou com o aparecimento do ponto de fixação por 200 ms. Em seguida, quatro pontos alinhados eram apresentados acima, abaixo, à esquerda ou à direita do ponto de fixação a uma distância constante (3,5°) por 50 ms (cada conjunto de pontos tinha o tamanho de 0,8° X 0,8°). Na condição de estimulo precedente (E1) único, a qual constituía 40% das tentativas, um dos grupos de quatro pontos poderia ser verde ou vermelho e os demais grupos eram cinza. Na condição de E1 duplo, a qual constituía 60% das tentativas, um dos grupos de pontos era verde e outro grupo vermelho e os dois grupos restantes eram cinza. Após 150 ms, 4 barras eram apresentadas (1,3° comprimento e 0,5° largura), sendo uma delas acima, uma abaixo, uma à esquerda e outra à direita do ponto de fixação, por 50 ms. Três destas barras eram cinza e uma delas poderia ser verde ou vermelha com igual probabilidade (Veja Figura 1). A orientação destas barras (vertical ou horizontal) variava randomicamente entre as tentativas. Os distratores e alvo poderiam ter a mesma ou diferente orientação. Todos os estímulos tinham a mesma luminância (8,61 cd/m²). Na condição de pista única, a barra verde ou vermelha era apresentada na mesma posição que os pontos verdes ou vermelhos em 25% das tentativas. A cor do estímulo precedente era sempre a mesma cor do estímulo alvo. Na condição de pista dupla, em metade das tentativas a barra verde ou vermelha aparecia em uma das duas posições em que os pontos verdes e vermelhos foram apresentados. Os participantes deveriam reportar a orientação (vertical ou horizontal) da barra de cor verde ou vermelha.

A ordem de ocorrência das condições variou entre os blocos e entre os participantes. Cada participante realizou 960 tentativas divididas em 6 blocos de 160 tentativas cada. Ainda, cada bloco era constituído de 2 sublocos de 80 tentativas cada. O número de tentativas por bloco eram 64 para a condição de E1 único e 96 para a condição de E1 duplo.

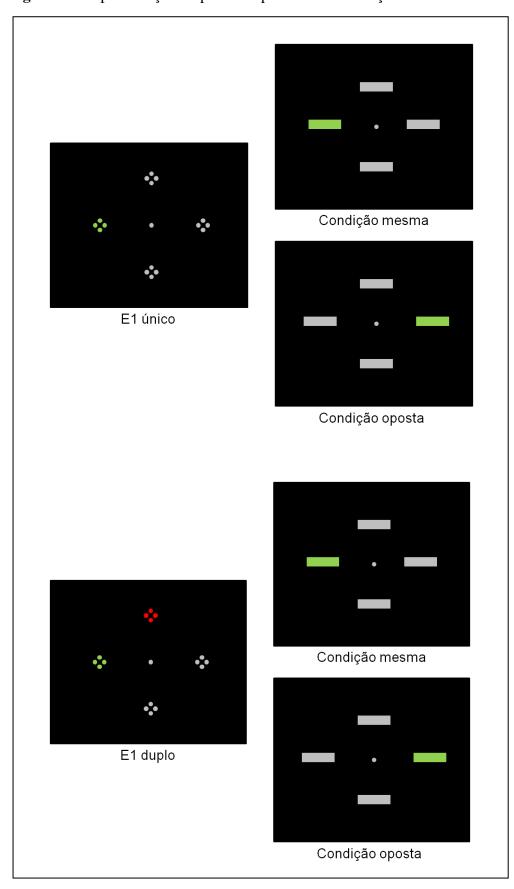


Figura 1 – Representação do padrão espacial da estimulação visual.

EEG: O registro do EEG foi obtido de 23 eletrodos a uma frequência de 500 Hz por meio de um amplificador BrainAmps (BrainProducts, Munich, Germany). Estes eletrodos estavam posicionados em uma toca elástica (easyCAP) seguindo o sistema 10/20 (American Electroencephalographic Society, 1994). Dois eletrodos adicionais, posicionados na região externa de cada um dos olhos foram utilizados para o registro do eletrooculograma horizontal (HEOG). Dois eletrodos foram posicionados no lobo de cada uma das orelhas e foram utilizados como referência. Finalmente, outro eletrodo adicional foi utilizado como terra. As impedâncias eram mantidas abaixo de 5kΩ. Durante o registro da atividade do EEG o eletrodo posicionado na orelha esquerda foi utilizado como referência. Durante as análises os registros foram referenciados à média dos dois eletrodos posicionados nas orelhas. Durante o registro do EEG foi utilizado um filtro passa-baixa de 40Hz e filtro Notch de 50Hz e nenhum filtro foi adicionalmente aplicado durante as análises.

Análise dos Dados: Os dados de tempo de reação foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas, tendo como fatores: tipo de estímulo precedente (único ou duplo) e posição do estímulo precedente (mesma e oposta). Quando apropriado, esses dados foram adicionalmente tratados com o teste *post-hoc* de Tukey.

O tempo de reação da condição oposta foi subtraído do tempo de reação da condição mesma para cada condição (E1 único e duplo) para cada voluntário. Deste modo obtivemos o efeito atencional e estes dados foram submetidos a um teste-t.

A soma dos erros do tipo inversão foi submetida ao teste de Friedman e os que tiveram resultado significativo foram submetidos ao teste de Wilcoxon. Este tipo de erro foi analisado para que fosse descartada uma possível troca velocidade por acurácia. Nesta análise, foram considerados significativos os resultados com probabilidade de erro menor ou igual a 0,025 (P = 0,05/2; pois foram feitas 2 comparações).

As análises do PRE foram realizadas utilizando o programa Vision Analyzer. As épocas utilizadas foram de 600 ms, sendo 100 ms antes do aparecimento do estímulo precedente e 500 ms após o seu aparecimento. As tentativas com movimento ocular (voltagem maior que  $\pm$  30 $\mu$ V nos canais de eletrooculograma horizontal; 0,6% de todas as tentativas), piscadas (voltagem maior que  $\pm$  60 $\mu$ V em Fpz; 0,32% de todas as tentativas), e artefatos musculares (voltagem maior que  $\pm$  80 $\mu$ V de todos os canais; 0,1% de todas as tentativas) foram excluídas das análises.

O N2pc foi quantificado pela média da amplitude do PRE nos eletrodos PO7/PO8 contralateral e ipsilateral ao lado de aparecimento do estímulo precedente dentro de uma janela de 190-290 ms após o aparecimento do E1. Estas medidas foram submetidas a uma análise de variância para medidas repetidas tendo como fatores: contralateralidade (hemisfério contralateral e ipsilateral ao aparecimento do estímulo precedente) e tipo de E1 (único e duplo).

As medidas da amplitude do N2pc para cada participante foram submetidos a um teste-t tendo como fator o tipo de E1 (único e duplo).

#### 2.1.2 Resultados

Foram analisadas apenas as tentativas em que os participantes responderam corretamente ao alvo.

#### 2.1.2.1 Comportamento

Os resultados da análise de variância estão resumidos na Tabela 1. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 2. Houve efeito principal para os fatores tipo do E1 indicando que o tempo de reação para E1 único foi significativamente menor do que E1 duplo. Também houve efeito principal para posição do E1 (condição mesma e oposta) mostrando que o tempo de reação para a condição mesma foi significativamente menor do que para a condição oposta.

**Tabela 1** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores o tipo do E1 (único e duplo) e a posição E1 (mesma e oposta).

EFEITO	Gl	F	P
Tipo do E1	1,11	44,815	< 0,001*
Posição do E1	1,11	76,050	< 0,001*
Tipo do E1 X Posição do E1	1,11	17,976	0,001*

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

**Tabela 2 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as condições mesma e oposta para cada tipo de E1.

	E1 único		E1 duplo		
Mesma	Oposta	Mesma	Oposta		
$490 \pm 15$	530±15	520±16	541±17		

E1, estímulo precedente.

A interação entre os fatores tipo de E1 e posição do E1 foi significativa. A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para a condição mesma foi significativamente menor do que para a condição oposta para E1 único (P < 0.001) e para E1 duplo (P < 0.001).

Para o efeito atencional foi realizado o teste-t. Esta análise mostrou que o efeito atencional para E1 único foi maior do que para E1 duplo ( $t_{11} = 4,28$ ; P = 0,001).

Os dados dos erros do tipo inversão (veja a Tabela 3) foram submetidos à análise de Friedman comparando o número de erros na condição mesma e oposta para E1 único e duplo. Foi evidenciada diferença significativa (P < 0.001) e assim, os dados foram analisados com o teste de Wilcoxon. O número de erros para a condição oposta foi significativamente maior do que o número de erros para a condição mesma para E1 único (P = 0.002) e E1 duplo (P = 0.018).

**Tabela 3** – Soma do número de erros para as condições mesma e oposta para estímulo precedente único e duplo.

E1 1	ínico	E1 duplo		
Mesma	Oposta	Mesma	Oposta	
12	146	92	163	

E1, estímulo precedente.

#### 2.1.2.2 EEG

Os resultados da análise de variância estão resumidos na Tabela 4. O efeito principal para o fator contralateralidade indica que o componente N2pc é significativo, já que a atividade referente ao eletrodo contralateral ao estímulo de interesse foi significativamente maior do que do eletrodo ipsilateral.

Tabela 4 -	<ul> <li>Resultados</li> </ul>	da	Análise	de	Variância	tendo	como	fatores	contralateralidade
	(contralateral	e ip	silateral)	e tip	oo do E1 (ú	nico e	duplo).		

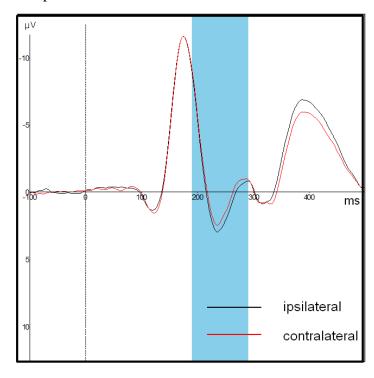
EFEITO	Gl	F	P
Contralateralidade	1,11	21,753	<0,001*
Tipo do E1	1,11	10,866	0,007*
Contralateralidade X Tipo do E1	1,11	33,039	<0,001*

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

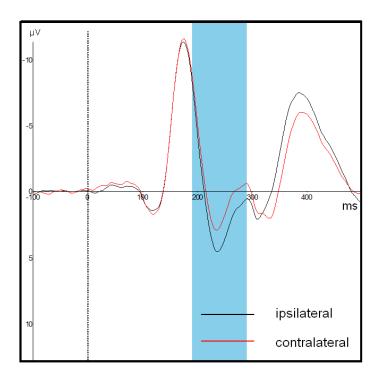
A interação entre os fatores lateralidade e tipo de E1 foi significativa. O teste-t mostrou que a diferença entre os eletrodos contralateral e ipsilateral era significativa tanto para E1 único ( $t_{11} = 5.3$ ; P < 0.001) como para E1 duplo ( $t_{11} = 3.1$ ; P = 0.01).

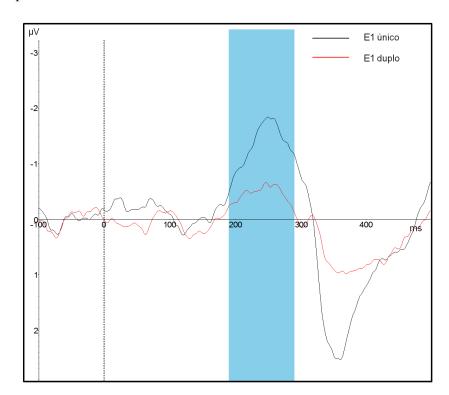
Considerando a diferença entre a atividade do eletrodo contralateral e ipsilateral (N2pc) foi realizado um teste-t tendo como fator o tipo de E1 (único ou duplo). Esta análise mostrou que o N2pc para E1 único foi maior do que para E1 duplo ( $t_{11} = -5,74$ ; P < 0,001).

**Figura 2** – PRE no intervalo de 190 ms após o aparecimento do E1 para a condição de E1 duplo.



**Figura 3** – PRE no intervalo de 190 ms após o aparecimento do E1 para a condição de E1 único.





**Figura 4** – Diferença entre os eletrodos contralateral e ipsilateral para a condição de E1 único e E1 duplo.

#### 2.1.3 Discussão

Conforme o esperado, o efeito atencional e o componente N2pc foram observados para a condição de E1 único, evidenciando que o estímulo precedente utilizado mobilizou a atenção dos participantes para o local do espaço em que foi apresentado. Na condição de E1 único o efeito atencional e o N2pc também foram observados, evidenciando que mesmo quando o E1 é semelhante ao alvo, mas aparece em duas posições diferentes, o E1 continua orientando a atenção. Estes resultados sugerem que o participante considerou ser colorido como uma categoria única, ou seja, o ser colorido era a característica em comum entre alvo e estímulo precedente e por isso a atenção continuou sendo orientada para a região de aparecimento deste estímulo. Os resultados sugerem ainda, que a semelhança entre os estímulos não precisa ser absoluta, ou seja, eles não precisam ser exatamente da mesma cor, ou ter exatamente a mesma forma para que a atenção seja orientada para aquela região do espaço.

O efeito atencional e o N2pc foram menores para a condição de estímulo precedente duplo em relação à condição de estímulo precedente único. Este resultado sugere que quando

dois estímulos semelhantes ao alvo aparecem em dois locais diferentes, a atenção é orientada para ambos. Provavelmente, o foco atencional se dividiu ou aumentou de modo a atender ambos os estímulos, e por isso o N2pc e o efeito atencional foram menores. Este resultado mostra como a atenção pode se distribuir espacialmente de modo a atender ambos os estímulos de interesse. No entanto quando esta distribuição acontece, a eficiência da orientação é perdida, já que tanto a amplitude do N2pc como a magnitude do efeito atencional foram menores.

#### 2.2 Estudo 2 – Atenção intermodal

Quando a atenção é mobilizada por estímulos de modalidades diferentes daquela dos estímulos alvos, ela é denominada intermodal (Mazza et al., 2007; McDonald, Ward, 2000; Spence, Driver, 1997; Ward, 1994; Ward et al., 2000).

Ward (1994) apresenta duas modalidades de estímulo precedente e alvo (visual e auditivo) randomicamente apresentados. Os voluntários deveriam responder de acordo com o lado de aparecimento do estímulo alvo. Os autores encontraram efeito atencional para todas as combinações entre estímulo precedente e visual exceto quando o primeiro era auditivo e o segundo visual. Posteriormente o mesmo resultado é obtido em uma tarefa mais complexa em que os voluntários deveriam responder quando o alvo aparecia em um dos lados do espaço e não responder quando este era central (Ward et al., 2000). Outro grupo de autores, utilizando outra tarefa, encontra o resultado oposto (Spence, Driver, 1997). Neste trabalho, o estímulo alvo aparecia primeiramente superiormente e em seguida inferiormente ou o oposto, do lado esquerdo ou do lado direito, criando uma ilusão de movimento. Os voluntários deveriam discriminar se o movimento foi para cima ou para baixo. Os autores encontraram efeito atencional quando o estímulo precedente era auditivo e alvo visual ou auditivo, mas quando estímulo precedente era visual o efeito aparecia só quando o alvo era visual. Posteriormente Mazza et al. (2007), no primeiro experimento do trabalho, encontram os mesmos resultados que Spence e Driver (1997) em uma tarefa semelhante. Mondor e Amirault (1998) encontraram que o efeito atencional entre modalidades sensoriais é maior do que o efeito unimodal em uma tarefa em que a cor do alvo visual ou o tom do alvo auditivo deveriam ser discriminados. Portanto, estes estudos mostram que a atenção unimodal e intermodal produzem efeitos distintos.

No caso da atenção unimodal visual, certos fatores são considerados determinantes para que o efeito atencional se manifeste, entre eles, a relação sinal/ruído. Esta é alterada quando o contraste do alvo em relação ao fundo da tela é alterado e/ou quando um ruído externo é adicionado. Quanto menor essa relação (dentro de certos limites) maior é o efeito atencional. Portanto se propõe que a atenção aumentaria esta relação, diminuindo o ruído externo e/ou aumentando o sinal (Liu et al., 2009; Pestilli, Carrasco, 2005).

A atuação da atenção intermodal sobre a relação sinal/ruído não é tão amplamente estudada. O único trabalho encontrado que discute esta questão sugere que a atenção intermodal altera a relação sinal/ruído, mas não conclui se esta alteração se deve a um aumento do sinal ou diminuição do ruído (Störmer et al., 2009)

O trabalho de doutorado realizado no Brasil teve o objetivo de como a relação sinal/ruído e a manifestação do efeito da atenção intermodal estão relacionadas. Assim foi possível sugerir se a atenção intermodal produz seus efeitos comportamentais por meio de diminuição do ruído, aumento do sinal ou ambos. Em todos os experimentos a atenção também poderia ser mobilizada por um estímulo visual. Com esta condição, também foi analisado se a relação sinal/ruído interfere da mesma forma na manifestação do efeito atencional intermodal e unimodal. Assim, foi possível sugerir se ambas atuam da mesma forma sobre o processamento de um estímulo visual.

Foram realizados três experimentos em que um estímulo alvo visual (Gabor) aparecia 133 ms depois de um estímulo precedente visual ou auditivo, do mesmo lado (posição mesma) ou oposto (posição oposta). No primeiro experimento dois níveis de ruído visual foram introduzidos sobre os estímulos, enquanto no segundo e terceiro experimentos havia dois níveis de contraste do Gabor. A diferença entre os dois últimos experimentos era o SOA que no terceiro experimento foi aumentado para 159 ms. Foi calculado o efeito atencional (tempo de reação para a posição oposta menos a mesma) para atenção intermodal e unimodal nos três experimentos. Os resultados mostram que o efeito atencional intermodal é modulado de acordo com a presença ou ausência de ruído na tela, de modo semelhante ao efeito da atenção unimodal visual. No entanto, na ausência de ruído, é necessário maior intervalo de tempo para que o efeito intermodal se manifeste.

Nossos achados sugerem que o mecanismo atencional intermodal demora mais tempo para atuar. Tal hipótese poderia ser reforçada por medidas dos correlatos eletrofisiológicos, mais especificamente o componente N2pc, pois este reflete a seleção atencional de um alvo entre distratores (Eimer, 1996; Luck, Hillyard, 1994).

Pretendíamos investigar essas possibilidades em nosso laboratório no Brasil após aprender a técnica de PRE no laboratório do professor Martin Eimer. Felizmente, o período de treinamento foi menor do que o esperado e por isso foi possível que este estudo fosse desenvolvido ainda no exterior. Isto foi muito bom porque foi possível contar com a ajuda de pesquisadores experientes para o desenvolvimento do programa e para a análise dos dados.

No experimento desenvolvido no exterior 3 letras e 1 número eram apresentados. O participante deveria apertar uma tecla caso este número fosse ímpar e apertar outra tecla caso este número fosse par. Antes do aparecimento destes estímulos o estímulo precedente auditivo era apresentado. O intervalo entre o início do aparecimento do estímulo precedente o comeco do aparecimento do estímulo alvo (AIE) poderia ser curto (130 ms) ou longo (160 ou 200 ms). Esperávamos que o efeito atencional apenas se manifestasse para a AIE longa evidenciando que o efeito da atenção intermodal necessita de pelo menos 160 ms para se manifestar, como sugeriu o experimento realizado no Brasil. Foi medido o N2pc em relação ao estímulo alvo visual para cada AIE. De acordo com o esperado comportamentalmente esperávamos que a amplitude do N2pc para a condição mesma fosse diferente da oposta apenas para a AIE longa.

#### 2.2.1 Material e métodos

<u>Participantes</u>: Cinco adultos jovens (2 mulheres; de 25 à 29 anos, média 26 anos; 4 destros, uma voluntária canhota. Os participantes apresentavam visão normal ou corrigida e visão normal de cores (segundo o próprio participante).

<u>Equipamentos</u>: Os mesmos equipamentos do experimento anterior foram utilizados.

<u>Procedimento:</u> Cada participante realizou uma sessão de teste. Antes desta sessão ele recebeu uma breve explicação sobre a tarefa, além das instruções apresentadas na tela. O participante fazia cerca de 60 tentativas de prática e em seguida as tentativas que realmente foram analisadas se iniciavam. Cada tentativa começou com o aparecimento do ponto de fixação por 200 ms. Em seguida, um estímulo auditivo (estímulo precedente, E1) era

apresentado do lado esquerdo, direito ou não era apresentado com igual probabilidade. O E1 era um ruído branco de 62dB com duração de 30 ms. Após uma assincronia entre início dos estímulos curta (130 ms) ou longa (160 ou 200 ms) uma tela com 3 letras cinza e um número também cinza (2° X 2°; luminância 8,61 cd/m²) era apresentada por 150 ms. Estes estímulos eram apresentados a uma distância constante de 9,5° acima, abaixo, à esquerda ou à direita do ponto de fixação. O número (alvo, E2) aparecia do lado esquerdo em metade das tentativas e do lado direito na outra metade. O número apresentado poderia ser par ou ímpar com igual probabilidade e o participante deveria apertar a tecla posicionada superiormente para o número par e a tecla inferior para o número ímpar. Quando o E1 estava presente o E2 aparecia do mesmo lado do E1 em metade das tentativas e do lado oposto na outra metade das tentativas.

Cada participante realizou 1152 tentativas divididas em 8 blocos de 144 tentativas cada. Ainda cada bloco era constituído de 2 sublocos de 72 tentativas cada. O número de tentativas por bloco eram 24 para cada uma das 6 condições analisadas (condição mesma, oposta e sem E1 para AIE curta e longa).

EEG: O registro do EEG foi obtido da mesma forma que no experimento anterior.

Análise dos Dados: Os dados de tempo de reação foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas, tendo como fatores: AIE (curta e longa) e posição do E1 (condição mesma, condição oposta e condição sem E1). Quando apropriado, esses dados foram adicionalmente tratados com o teste *post hoc* de Tukey.

A soma dos erros do tipo inversão foi submetida ao teste de Friedman e os que tiveram resultado significativo foram submetidos ao teste de Wilcoxon. Este tipo de erro foi analisado para que fosse descartada uma possível troca velocidade por acurácia. Nesta análise, foram considerados significativos os resultados com probabilidade de erro menor ou igual a 0,025 (P = 0,05/2; pois foram feitas 2 comparações).

As análises do potencial relacionado ao evento (PRE) foram realizadas utilizando o programa Vision Analyzer. A época utilizada foi de 600 ms, sendo 100 ms antes do aparecimento do estímulo alvo e 500 ms após o seu aparecimento. As tentativas com movimento ocular (voltagem maior que  $\pm 30\mu V$  nos canais de eletrooculograma horizontal; 5,6% de todas as tentativas), piscadas (voltagem maior que  $\pm 60\mu V$  em Fpz; 4,3% de todas as tentativas), e artefatos musculares (voltagem maior que  $\pm 80\mu V$  de todos os canais; 0,5% de todas as tentativas) foram excluídas das análises. Os PREs foram calculados para cada

condição (mesma, oposta e sem E1 para AIE curta e longa). A média da amplitude do N2pc foi quantificada dentro de uma janela de 180-280 ms após o aparecimento do estímulo alvo nos eletrodos posteriores contralaterais ao estímulo PO7/PO8.

As medidas da amplitude do N2pc para cada participante foram submetidos a uma análise de variância para medidas repetidas tendo como fatores: contralateralidade (hemisfério contralateral e ipsilateral ao aparecimento do estímulo alvo), AIE (curta e longa) e posição do E1 (condição mesma, condição oposta e condição sem E1). Quando apropriado estes dados foram adicionalmente tratados com o teste *post-hoc* de Tukey.

#### 2.2.2 Resultados

Foram analisadas apenas as tentativas em que os participantes responderam corretamente ao alvo.

#### 2.2.2.1 Comportamento

Os resultados da análise de variância estão resumidos na Tabela 5. As médias dos tempos de reação estão na Tabela 6. Houve efeito principal para o fator AIE indicando que o tempo de reação para AIE curta foi maior do que para AIE longa. Também houve efeito principal para posição do E1 (condição mesma, oposta e sem E1). A análise *post-hoc* mostrou que o tempo de reação para a condição sem estímulo precedente foi maior do que para as condições mesma (P = 0,02) e oposta (P = 0,005). Não houve diferença significativa entre os tempos de reação para as condições mesma e oposta (P = 0,593).

**Tabela 5** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores a AIE (curta e longa) posição do E1 (mesma, oposta e sem E1).

EFEITO	Gl	F	P
AIE	1,4	8,19	0,04*
Posição do E1	2,8	10,42	0,005*
AIE X Posição do E1	2,8	0,60	0,57

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

**Tabela 6 -** Tempo de reação médio (± e.p.m) em milisegundos para as posições mesma, oposta e sem E1 para cada AIE.

	AIE curta	-		AIE longa	<u> </u>
Mesma	Oposta	Sem E1	Mesma	Oposta	Sem E1
523±16	517±15	534±15	515±16	513±15	533±17

E1, estímulo precedente, AIE, assincronia entre início dos estímulos.

Os dados dos erros do tipo inversão (veja a Tabela 7) foram submetidos à análise de Friedman comparando o número de erros na condição mesma e oposta para AIE curta e longa, o qual não mostrou diferença significativa (P = 0,206).

**Tabela 7** – Soma do número de erros para as condições mesma e oposta para AIE curta e longa.

AIE	curta	AIE l	onga
Mesma	Oposta	Mesma	Oposta
29	28	37	48

AIE, assincronia entre início dos estímulos.

#### 2.2.2.2 EEG

Os resultados da análise de variância estão resumidos na Tabela 8. O efeito principal para o fator contralateralidade indica que o componente N2pc é significativo, já que a atividade referente ao eletrodo contralateral ao estímulo alvo foi significativamente maior do que do eletrodo ipsilateral.

**Tabela 8** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores contralateralidade (contralateral e ipsilateral), AIE (curta e longa) e posição do E1 (mesma, oposta e sem E1).

EFEITO EFEITO	Gl	F	P
Contralateralidade	1,4	36,517	0,003*
AIE	1,4	0,123	0,743
Posição do E1	2,8	9,254	0,008*
Contralateralidade X AIE	1,4	2,627	0,180
Contralateralidade X Posição do E1	2,8	7,235	0,016*
AIE X Posição do E1	2,8	2,653	0,130
Contralateralidade X AIE X Posição do E1	2,8	1,389	0,303

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

A interação entre os fatores lateralidade e posição do estímulo precedente foi significativa. A análise *post-hoc* mostrou que a diferença entre os eletrodos contralateral e ipsilateral era significativa para a condição mesma, oposta e sem estímulo precedente (Ps < 0.001).

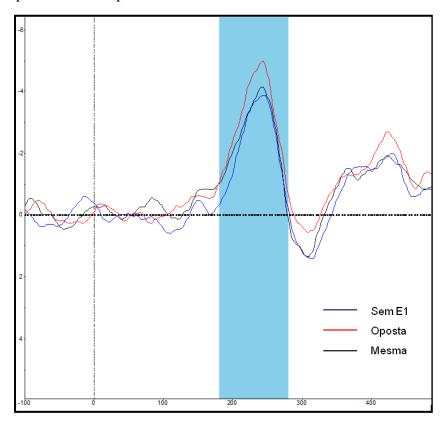
Considerando a diferença entre a atividade do eletrodo contralateral e ipsilateral (N2pc) foi realizada outra ANOVA tendo como fatores AIE e posição do estímulo precedente. Os resultados da análise de variância estão resumidos na Tabela 9. Houve apenas efeito principal para o fator posição do E1. A análise *post-hoc* mostrou que o N2pc não diferiu entre as condições mesma e oposta. A única diferença encontrada foi que o N2pc foi maior para a condição oposta em relação à condição sem estímulo precedente (P = 0,012).

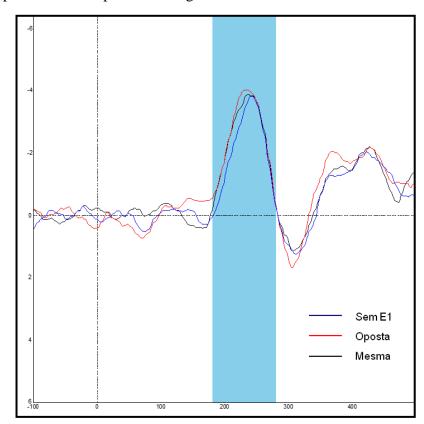
**Tabela 9** – Resultados da Análise de Variância tendo como fatores AIE (curta e longa) e posição do E1 (mesma, oposta e sem E1).

EFEITO	Gl	F	P
AIE	1,4	2,627	0,180
Posição do E1	2,8	7,236	0,016*
AIE X Posição do E1	2,8	1,389	0,303

Os resultados significativos estão indicados com um asterisco (\*). Gl, graus de liberdade. F, razão entre o quadrado da média do efeito e o do erro. P, nível descritivo.

**Figura 5** – Diferença entre os eletrodos contralateral e ipsilateral para a condição mesma, oposta e sem E1 para AIE curto.





**Figura 6** – Diferença entre os eletrodos contralateral e ipsilateral para a condição mesma, oposta e sem E1 para AIE longo.

#### 2.2.3 Discussão

Diferentemente do esperado, não foi obtido efeito atencional tanto em AIE curta como em AIE longa. Além disso, não houve diferença para a amplitude do N2pc entre as condições mesma e oposta.

O tempo de reação para a condição sem estímulo precedente foi maior do que para as condições mesma ou oposta. Por outro lado, a amplitude do N2pc só foi diferente para a condição oposta em relação à condição sem estímulo precedente. Este resultado sugere que a atenção facilitou temporalmente a resposta ao alvo. No entanto esta facilitação não foi encontrada nos dados eletrofisiológicos para a condição mesma. Como o N2pc reflete a seleção atencional do local de aparecimento do alvo, uma interpretação possível seria que o estímulo precedente inibiu o local de seu aparecimento. Por isso a facilitação temporal só foi observada para a condição oposta. O efeito atencional pode não ter sido obtido devido às diferentes características entre a tarefa desenvolvida no exterior e a desenvolvida no Brasil.

Essas diferenças foram inseridas, porque para que o componente N2pc seja observado certas condições experimentais devem estar presentes.

Primeiramente, o N2pc é um componente observado apenas na presença de estímulo visual. Como se pretendia estudar atenção intermodal foi medido o N2pc em relação ao alvo visual após o aparecimento de um estímulo precedente auditivo, e não o N2pc em relação ao estímulo precedente auditivo, como se pretendia. Por outro lado, não é possível medir N2pc de um estímulo alvo visual que apareceu logo em seguida a um estímulo precedente visual em um intervalo muito curto, devido à sobreposição de componentes. Para que o N2pc fosse medido para um alvo visual após o estímulo precedente também visual, a AIE deveria ser longa, quando a sobreposição não é tão grande, mas neste caso, inibição de retorno poderia começar a se desenvolver, ou veríamos um efeito atencional muito pequeno. Portanto, não foi possível a comparação entre E1 visual e E1 auditivo.

Outra característica importante para a análise do N2pc e que diferiu do experimento realizado no Brasil é a presença de distratores. O N2pc é medido pela diferença entre a atividade dos eletrodos posicionados contralateralmente e ipsilateralmente ao estímulo de interesse. Quando apenas o estímulo de interesse é apresentado é perfeitamente possível que esta diferença entre os eletrodos represente atividade sensorial em resposta ao estímulo de interesse. Por outro lado, quando dois estímulos visuais são apresentados, um em cada hemicampo visual, a diferença entre os eletrodos não pode ser explicada por atividade sensorial e sim pela atenção direcionada para um dos estímulos, o que faz com que o eletrodo contralateral tenha atividade diferente em relação ao ipsilateral.

Alguma relação entre o estímulo precedente e alvo deve existir para que o efeito atencional se manifeste. Esta afirmação tem como base os experimentos desenvolvidos por Folk et al. (1992) nos quais o efeito atencional só foi encontrado quando estímulo precedente e alvo tinham alguma característica em comum, como cor ou aparecimento abrupto. No experimento desenvolvido no estágio no exterior, a única relação entre estímulo precedente e alvo foi o aparecimento abrupto. Por outro lado, nos experimentos realizados no Brasil a relação entre eles era mais forte, pois apenas uma AIE estava presente e o estímulo precedente também poderia ser visual. Com apenas uma AIE o estímulo precedente auditivo informa quando o estímulo alvo irá aparecer. Esta característica não era essencial para a manifestação do N2pc, mas foi adicionada para que fosse possível estudar a evolução temporal da atenção intermodal. Já o estímulo precedente visual divide uma característica adicional com o alvo,

além de seu aparecimento abrupto, ambos são de mesma modalidade sensorial. É possível que a presença de um estímulo precedente que tenha relação mais forte com o alvo facilite a relação entre estímulo precedente auditivo e alvo visual. Neste caso a relação de que qualquer estímulo que apareça antes do estímulo alvo é importante, e por isso atenção é direcionada a ele, talvez seja formada mais facilmente na presença do estímulo precedente visual.

A presença de distratores pode ter dificultado a tarefa de modo que qualquer estímulo que não fizesse parte da tarefa principal (o estímulo precedente auditivo) fosse ignorado. Neste caso o estímulo precedente poderia ser considerado um distrator, ja que não ajuda a tarefa em absolutamente nada, pois não informa a localização e nem quando o estímulo alvo irá aparecer. Quando distratores são apresentados em uma tarefa muito difícil eles são mais facilmente ignorados do que em uma tarefa mais fácil (Lavie, 2005).

A ausência de efeito atencional, reforçou uma das conclusões do trabalho realizado no Brasil. Neste trabalho mostramos que AIE é um fator que interfere na manifestação do efeito atencional intermodal. É discutido que este é apenas um fator, mas que provavelmente não é o único, até mesmo por isso não conseguimos explicar todos os diferentes resultados da literatura. A ausência de efeito atencional intermodal em uma tarefa de discriminação assim como o experimento realizado no doutorado no Brasil, mas com outras características que são diferentes, confirma que não apenas a AIE, mas que outros fatores estão relacionados. Algumas razões puderam ser sugeridas para esta ausência de efeito atencional, contribuindo ainda mais para o estudo da atenção intermodal, principal objeto de discussão da tese de doutorado.

# REFERÊNCIAS<sup>2</sup>

Boehler CN, Tsotsos JK, Schoenfeld MA, Heinze HJ, Hopf JM. Neural mechanisms of surround attenuation and distractor competition in visual search. J Neurosci. 2011;31(14):5213-24.

Eimer M. The N2pc component as an indicator of attentional selectivity. Electroencephalography and clinical Neurophysiology. 1996; 99: 225-34.

Eimer M, Kiss M. Involuntary attentional capture is determined by task set: evidence from event-related brain potentials. J Cogn Neurosci. 2008;20(8):1423-33.

Folk CL, Remington RW, Johnston JC. Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1992;18(4):1030-44.

Hopf JM, Luck SJ, Girelli M, Hagner T, Mangun GR, Scheich H, Heinze HJ. Neural Sources of Focused Attention in Visual Search. Cereb Cortex. 2000;10(12):1233-41.

Lavie N. Distracted and confused?: selective attention under load. Trends Cogn Sci. 2005;9(2):75-82.

Liu CC, Wolfgang BJ, Smith PL. Attentional mechanisms in simple visual detection: A speed-accuracy trade-off analysis. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2009;35(5):1329-45.

Luck SJ, Hillyard. Spatial filtering during visual search: evidence for human electrophysiology. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1994;20(5):1000-14.

Luck SJ. An Introduction to the Event-Related Potential Technique The MIT Press: Cambridge; 2005.

Mazza V, Turatto M, Rossi M, Umiltà C. How automatic are audiovisual links in exogenous spatial attention? Neuropsychologia. 2007;45:514-22.

McDonald JJ, Ward LM. Involuntary listening aids seeing: Evidence from human electrophysiology. Psychol Sci. 2000;11(2):167-71.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> De acordo com: International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requeriments for manuscripts submitted to Biomedical Journal: sample references. [Cited 2011 Jul 15]. Available from: http://www.icmje.org

Mondor TA, Amirault KJ. Effect of same- and different- modality spatial cues on auditory and visual target identification. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1998;24(3):745-55.

Pestilli F, Carrasco M. Attention enhances contrast sensitivity at cued and impairs it at uncued locations. Vision Res. 2005;45:1867-75.

Spence C, Driver J. Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting. Percept Psychophys. 1997;59(1):1-22.

Stömer VS, McDonald JJ, Hillyard SA. Cross-modal cueing of attention alters appearance and early cortical processing of visual stimuli. Proc Natl Acad Sci U S A. 2009;106(52):22456-61.

Ward LM. Supramodal and modality-specific mechanisms for stimulus-driven shifts of auditory and visual attention. Can J Exp Psychol. 1994;48(2), 242-59.

Ward LM, McDonald JJ, Lin D. On asymmetries in cross-modal spatial attention orienting. Percept Psychophys. 2000;62(6), 1258-64.