Mateus Torres Cruz

Orientação endógena e exógena da atenção em ratos

Endogenous and exogenous orienting of attention in rats

São Paulo

2017

Mateus Torres Cruz

Orientação endógena e exógena da atenção em ratos

Endogenous and exogenous orienting of attention in rats

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Mestre em Ciências, na Área de Fisiologia Geral.

Orientador: Gilberto Fernando Xavier.

São Paulo

2017

Cruz, Mateus Torres
Orientação endógena e exógena da atenção em ratos / Mateus Torres Cruz; orientador Gilberto Fernando Xavier. -- São Paulo, 2017.

100 f.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Fisiologia.

1. Orientação encoberta. 2. Condicionamento operante. 3. Modelos animais. 4. Comportamento. I. Xavier, Gilberto Fernando, orient. II. Título.

Catalogação da Publicação
Serviço de Biblioteca do Instituto de Biociências

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).	Prof(a). Dr(a).
Prof(a). Dr.(a).	Orientador(a)

À minha família. Por aqueles que conheci, pelos que hoje estão comigo e por todos que ainda virão

“Nunca permita que sua felicidade dependa de algo que possa perder”

Guilherme de Sá, *Casino Boulevard*

AGRADECIMENTOS

Depois de todo esforço empenhado em expressar de forma clara todo o trabalho feito durante esses quase 3 anos de mestrado, descubro que a parte mais difícil está em agradecer forma apropriada todos que contribuíram de alguma forma. Certamente falharia em citar todos aqueles a quem devo gratidão; possivelmente não só pela memória falha, mas também porque alguns me ajudaram de forma que não percebi ostensivamente o auxílio prestado (seja pelo orgulho, seja pela falta de percepção). Evitei ao máximo citar nomes; se não os escrevo aqui é por que primeiro já estão escritos em meu coração. Me comprometi a escrever apenas uma página, caso contrário teria que escrever ao menos cem.

Agradeço a Deus, causa primeira de todas as coisas, cuja natureza desconheço e cuja existência não sou capaz de rejeitar racionalmente. Obrigado por tudo.

À minha família. A minha mãe por me ensinar a viver no amor. A meu pai por me ensinar a viver em paz. A meu irmão por me ensinar o valor do companheirismo, o significado do silêncio e a profundidade do perdão.

A Zenaida, amiga, irmã, parceira e companheira de todos os momentos. Obrigado por acreditar em mim e me ensinar a ser um homem melhor.

À minha grande família. A meu avôs maternos Elpídio e Ana e paternos Antônio (eternamente entre nós) e Maria, pelas lições de carinho, perseverança, amor incondicional e por terem me ensinado o que é família. A meus tios maternos e paternos que sempre foram como pais para mim. A meus primos maternos e paternos, com os quais compartilhei minha infância. Fico feliz por ter construído laços com vocês que vão além do sangue.

À minha segunda mãe Sônia, por todo cuidado e dedicação.

À minha (também) segunda mãe Maria, por cuidar de mim e pelos puxões de orelha.

A meus irmãos de coração, com quem dividi meu choro mais profundo e meu sorriso mais sincero. Obrigado por me aturarem e por me ajudarem a me manter mentalmente são. Não imaginei que iríamos chegar tão longe, mas aqui estamos.

A meus amigos que me ensinaram muito sem perceber, os quais frequentemente afastei e cujo verdadeiro valor descubro a cada experiência.

A todos do laboratório, pelo aprendizado, pela convivência e pelo companheirismo. Em especial ao Gilberto, por ter aceitado minhas limitações e ter me dado base para chegar mais longe do que eu imaginava ser capaz. Pode não parecer, mas vocês significam muito para mim.

Aos ratos que foram empregados em nome de nossa ciência ainda infante.

À CAPES, pelo suporte financeiro.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
1.1 HISTÓRICO DA PESQUISA EM ATENÇÃO 9
1.2 TAREFA DE ORIENTAÇÃO ENCOBERTA DA ATENÇÃO 13
1.3 MECANISMOS NEURAIS DA ORIENTAÇÃO ATENCIONAL 18
1.4 USO DE MODELOS ANIMAIS NO ESTUDO ATENCIONAL 20
2 OBJETIVOS 25
3 MATERIAL E MÉTODO 26
3.1 SUJEITOS EXPERIMENTAIS 26
3.2 EQUIPAMENTO 26
3.3 TAREFA COMPORTAMENTAL 29
3.3.1 Variáveis mensuradas 31
3.3.2 Grupos experimentais 31
3.3.3 Etapas de experimentação 32
3.3.3.1 Pré-treino 32
3.3.3.2 Mudanças no pré-treino 36
3.3.3.3 Treino e teste 37
3.4 ANÁLISE DE DADOS 38
4 EXPERIMENTOS 39
4.1 EXPERIMENTO 1 - SOAS 200, 400, 800 E 1200 MS 39
4.1.1 Resultados 39
4.1.2 Discussão 51
4.2 EXPERIMENTO 2: SOAS 100, 400, 800 E 1200 MS 61
4.2.1 Resultados 61
4.2.2 Discussão 70
4.3 EXPERIMENTO 3: SOAS 50, 150, 300 E 600 MS 72
4.3.1 Resultados 73
4.3.1 Discussão 79
5 DISCUSSÃO GERAL 82
6 CONCLUSÕES 90
7 RESUMO 91
8 ABSTRACT 92

REFERÊNCIAS 93
ANEXO A – APRECIAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA 98
APÊNDICE A – TABELAS COM RESUMO DOS EFEITOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS 99

1 INTRODUÇÃO

Cotidianamente chamada de “concentração” ou “foco”, a atenção é um fenômeno fundamental em nosso dia-a-dia. Ela é vital na percepção, processo de formação de representações internas sobre o ambiente que temos à nossa volta.

A conceituação desse fenômeno frequentemente se confunde com a de alerta. **Alerta** refere-se, amplamente, aos processos fisiológicos e psicológicos que regulam os estados de vigília ou sono. Compreende-se que existem diferentes níveis de alerta, os quais compreenderiam em seu espectro desde uma condição de vigilância aumentada, na resposta de luta ou fuga por exemplo, até o estado de sono profundo. Apesar de alguns autores considerarem alerta parte do sistema atencional (ver Petersen & Posner, 2012 para mais detalhes), parece consensual definir que **atenção** *per se* é o fenômeno no qual um determinado conjunto de estímulos ou características são selecionados para serem processados preferencialmente em detrimento de outros (Gazzaniga, Ivry & Magun, 2014; Luck & Magun, 2009; Nahas & Xavier, 2004; Petersen & Posner 2012). Ela é fruto do funcionamento intrincado de várias regiões do sistema nervoso e, por isso, é resultante da ocorrência de uma miríade de processos distintos, tanto no sentido fisiológico, quanto no psicológico. Este processo é capaz de alterar a percepção de formas diferentes (por exemplo, facilitando ou inibindo o processamento de determinados estímulos), sob circunstâncias distintas (por exemplo, baseado predominantemente em estímulos ambientais salientes ou nas expectativas do indivíduo) e em modalidades sensoriais diversas (por exemplo, auditiva, visual, tátil etc) (Gazzaniga et al, 2014; Luck & Magun, 2009; Luck & Vecera, 2002).

Alguns estudos fazem uma sutil diferenciação, referindo-se a “atenção seletiva” ao invés de apenas “atenção”. O primeiro termo refere-se mais especificamente aos componentes do funcionamento do fenômeno atencional que lhe conferem a característica de selecionar estímulos. Similarmente, poder-se-ia falar de “atenção sustentada” referindo-se aos componentes envolvidos na manutenção dos processos atencionais por longos períodos de tempo. “Atenção” (somente) seria o somatório de todos estes conjuntos de componentes (Gazzaniga et al, 2014). Neste texto, como abreviação – e similarmente a maior parte da literatura da área – esta palavra será usada no sentido de “atenção seletiva”.

Este fenômeno, pela característica de priorizar o processamento de certos estímulos em detrimento de outros, é frequentemente metaforizado como sendo a luz advinda de um holofote: ela permite perceber mais claramente, com maior riqueza de detalhes, tudo aquilo

que está iluminado dentro de seu feixe luminoso, ao passo que os estímulos que ficaram na penumbra são de difícil reconhecimento.

Uma das primeiras observações científicas documentadas deste fenômeno, e que se tornou provavelmente a mais célere de todas, foi a apresentada pelo psicólogo Willian James (1890):

> Todos sabem o que é atenção. É tomar posse da mente, de forma clara e vívida, de um dos que parecem ser vários objetos ou linhas de raciocínio simultaneamente possíveis. Focalização, concentração da consciência estão em sua essência. Implica no retraimento de algumas coisas para lidar mais eficazmente com outras.... (pp. 403-404, traduzido livremente pelo autor).

Apesar de se utilizar de terminologia pouco precisa para os padrões atuais, James captou dois aspectos chave da atenção e que continuam relevantes até hoje. O primeiro deles é o fato de que é possível controlar o foco atencional através da volição ("tomar posse da mente"). Como veremos adiante, esta modalidade de orientação foi denominada endógena, baseada nas vontades e expectativas do indivíduo, que se diferenciaria da orientação exógena, na qual o foco atencional seria movimentado automaticamente em decorrência de estimulação externa.

O segundo aspecto chave é que James trazia a ideia de que a nossa capacidade de processar estímulos é limitada ("retraimento de algumas coisas para lidar mais eficazmente com outras"). Considera-se que a atenção é a forma pela qual nosso sistema nervoso lida com a sobrecarga de informações frequentemente presente em nosso ambiente; seria o sistema que "prioriza" os estímulos mais relevantes para lidar com determinadas situações (Gazzaniga et al, 2014). Este aspecto foi um dos primeiros a ser estudado em laboratório, como veremos no breve histórico a seguir.

1.1 HISTÓRICO DA PESQUISA EM ATENÇÃO[1]

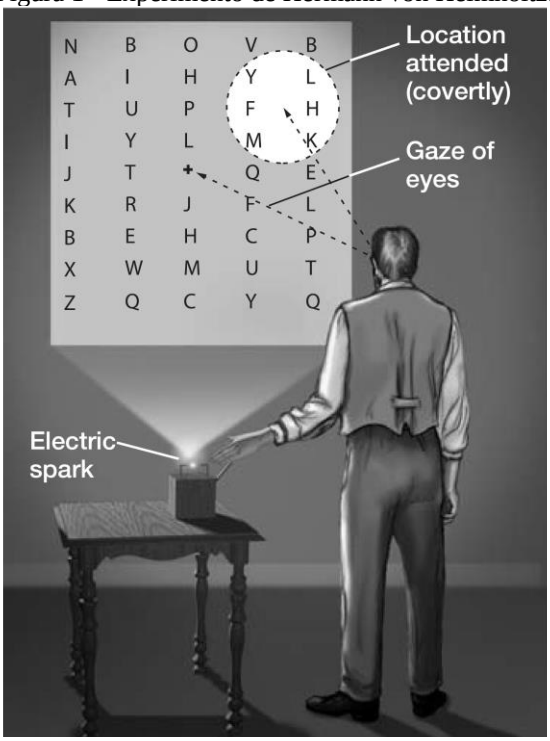
Um dos primeiros experimentos sobre atenção de que se tem notícia foi feito por Hermann von Helmholtz (1821-1894). Este matemático, médico e físico alemão montou uma câmara escura em cujo interior havia um painel com um ponto de fixação no centro e várias letras dispostas ao redor. A câmera era montada de forma que o ponto de fixação estava sempre iluminado, porém as letras só podiam ser visualizadas quando o experimentador

[1] Esta contextualização histórica não tem a intenção de ser exaustiva e relatar toda a história dos estudos sobre atenção; busca somente oferecer base mínima para que este trabalho possa ser situado dentro da conjuntura das pesquisas do campo.

gerava uma breve centelha de luz (ver Figura 1 com versão aproximada desse experimento). A quantidade de letras era tal que apenas se podia enxergar uma parte das letras a cada centelha. Helmholtz observou que antes da ocorrência da luz, o sujeito experimental, mantendo o olhar fixo no centro, era capaz de se concentrar em regiões específicas do painel, mesmo no escuro, de modo que, quando ocorresse a centelha, ele identificasse apenas as letras na região que escolheu. Letras não atendidas não eram identificadas (Helmholtz, 1925).

Essa observação revelou que apenas o esforço voluntário de orientar a atenção para regiões diferentes do espaço, mesmo este sendo predominantemente escuro e pouco definido, é capaz de alterar o processamento dos estímulos visuais. Além disto, permitiu concluir que é possível desassociar o olhar do foco atencional. Posteriormente, este tipo de orientação da atenção foi denominado **encoberta**, pois não havia movimentação das superfícies sensoriais, em contraposição com a orientação **manifesta**, na qual a movimentação da atenção coincide com a dos órgãos sensoriais.

Figura 1 - Experimento de Hermann von Helmholtz.



Do inglês *"Electric spark"* significa "faísca elétrica", "*Location attended (covertly)"* é "localização atendida (encobertamente)" e *"Gaze of eyes"* é "fixação do olhar". Fonte: Gazzaniga et al, 2014.

Posteriormente, no século XX, o psicólogo Edward Colin Cherry (1953) estudou a orientação da atenção a estímulos auditivos. Ele executava experimentos envolvendo escuta dicótica, nos quais os sujeitos experimentais escutavam discursos verbais diferentes no ouvido esquerdo e direito e deviam repetir em voz alta o que escutassem em um dos ouvidos,

ignorando o que estivesse sendo reproduzido no outro. Ele observou que os sujeitos experimentais eram capazes de reproduzir o que escutavam com grande acurácia no ouvido atendido, porém, quando perguntados sobre o áudio não atendido, pouco conseguiam relatar. Este achado é análogo ao de Helmholtz (Helmholtz, 1925) e reforçou a noção de que estímulos não atendidos não são processados.

Buscando propor modelos que auxiliassem no entendimento do fenômeno atencional, e baseado nos resultados obtidos até então, Broadbent (1958), gerou **a teoria do filtro atencional**. Ela assumia o seguinte: sendo a atenção o mecanismo que protege o sistema nervoso contra uma sobrecarga de informações, ela age como um filtro que permite, ou não, a passagem de estímulos para os sistemas de processamento sensorial. A informação advinda das entradas sensoriais seria selecionada por esse filtro; as atendidas teriam acesso ao processamento, passando pelo filtro e seriam percebidas, já as não atendidas sofreriam bloqueio, sendo completamente descartadas em estágios iniciais da percepção.

Apesar de parecer razoável e explicar os achados até o momento, a teoria do filtro atencional perdeu força frente a experimentos posteriores (Gray & Wedderburn, 1960; Treisman, 1960), em especial ao de Moray (1959). Este pesquisador fez um experimento igual ao de Cherry (1953), no qual o sujeito escutava discursos diferentes no ouvido esquerdo e direito e deviam atender a somente um deles, porém, em determinados momentos, era apresentado o nome do sujeito experimental no ouvido não atendido. Nestas vezes o voluntário conseguia relatar que tinha escutado o próprio nome naquele ouvido. Se o estímulo não estava sendo atendido e, portanto, segundo a teoria de Broadbent (1958), não estaria sendo processado, como ele pôde ter sido identificado? Consequentemente, o filtro não poderia estar bloqueando estímulos logo no início do processo de percepção, já que informações não atendidas estavam sendo processadas.

Uma alternativa à colocação do filtro atencional no início da percepção, foi colocá-lo em estágios mais tardios do processamento cognitivo. Deutsch & Deutsch (1963) propuseram **a teoria atencional de seleção da resposta** que, similarmente à de Broadbent (1958), assumia a existência de um filtro atencional, porém defendia que absolutamente todos os estímulos captados pelos órgãos sensoriais eram processados no sistema nervoso e só ao final do processo de percepção haveria seleção promovida pelo sistema atencional. A atenção, assim, não mais teria a função de alterar a percepção, mas sim de selecionar as ações (respostas) mais adequadas a cada situação (Nahas & Xavier, 2004). Por esta característica principal esta teoria foi criticada (Treisman & Riley, 1969), sob o argumento de que não é plausível o sistema nervoso processar tudo aquilo que capta do ambiente.

Reinterpretando os achados de Cherry e baseada em experimentos posteriores, Treisman (1960) propôs a **teoria do filtro atenuador**. Segundo ela, haveria um filtro atencional similar ao proposto por Broadbent (1958), contudo, ao invés de bloquear completamente os estímulos não atendidos, ele os atenuava. Assim, estímulos atendidos chegariam em maior intensidade que os não atendidos ao sistema de processamento. Além disso, estímulos atendidos seriam potencializados, atingindo o sistema de processamento com maior intensidade. Isto garantiria que todos os estímulos recebessem processamento, porém cada um com prioridades diferentes, a depender de sua relevância. Em suma, Treisman conseguiu propor uma teoria que considerasse tanto a capacidade de processamento limitada no sistema nervoso, quanto a característica de selecionar estímulos e alterar a percepção.

Como se pode notar, essas pesquisas iniciais focaram em avaliar se a atenção opera em estágios mais iniciais ou finais da percepção. Posteriormente, as neurociências demonstraram que isso dependia do tipo de estímulo, da carga da tarefa sendo executada, do tipo de tarefa, entre outros. Observou-se que estímulos mais simples são filtrados mais inicialmente nas vias de processamento, ao passo que estímulos mais complexos sofrem isso em estágios mais avançados do processamento. Em contrapartida, quando a tarefa demanda muito processamento, o filtro costuma ser precoce, ao passo que em tarefas com menos demanda o filtro é mais tardio (Treisman & Riley, 1969; Treisman, 2009). Destarte, hoje, se sabe que estas alternativas não se excluem mutuamente.

Tomando como base inicial estes modelos teóricos explicativos sobre o sistema atencional, os pesquisadores da área passaram a aprofundar no estudo dos componentes e substratos deste fenômeno. Estes esforços se concentraram no desenvolvimento de tarefas comportamentais que pudessem ser utilizadas para inferir sobre processos neurais subjacentes.

Dentre os recursos utilizados, a técnica de cronometria mental parece ter se destacado frente as demais. Ela consiste na medição e análise do curso temporal de processos mentais através da observação do comportamento. Foi utilizada não somente para investigar atenção, mas também para outros processos como alerta, consciência etc. Uma tarefa clássica de cronometria mental consiste numa sessão experimental com diversas tentativas, cada tentativa segue os seguintes passos:

No começo de cada tentativa há uma **pista**, a qual pode ser de qualquer modalidade sensorial. Ela serve como uma espécie de aviso que indica ao sujeito experimental o momento de aumentar seu estado de alerta, ou para o quê deve orientar a atenção, a depender da tarefa. Logo após há um **intervalo**, também chamado de **SOA** (do inglês *stimulus-onset asynchrony*, ou assincronia entre o início dos estímulos), tempo que serviria para permitir o processamento

da pista. Então, há o aparecimento de um **estímulo alvo** (ou estímulo teste), ao qual o sujeito deve responder o mais rápido e acuradamente o possível. É medido o tempo que o indivíduo toma para emitir essa resposta (tempo de resposta) e, ao final, a acurácia dele no conjunto das tentativas. *Feedbacks* e recompensas são dadas de forma a garantir um bom desempenho. A pista, o intervalo, o estímulo alvo e a forma como o sujeito deve responder são modelados cuidadosamente para permitir isolar e acessar processos mentais específicos (Meyer, Osman, Irwin & Yantis, 1988).

Provavelmente, a tarefa de cronometria mental mais utilizada para avaliar atenção foi a de orientação encoberta da atenção, a qual foi utilizada neste trabalho e está descrita na sessão a seguir.

1.2 TAREFA DE ORIENTAÇÃO ENCOBERTA DA ATENÇÃO

A tarefa de orientação encoberta da atenção foi desenvolvida pelo psicólogo Michael Posner (Posner, 1980), inspirado nos estudos de Helmholtz. A principal contribuição que este teste trouxe à época foi que, com ela, tornou-se possível medir o tempo necessário para orientar a atenção no campo visual desvinculando-se o foco atencional de fatores sensoriais e motores envolvidos no olhar. Posteriormente, em combinação com técnicas de eletroencefalografia (EEG), magnetoencefalografia (MEG), imageamento funcional por ressonância magnética (fMRI), permitiu identificação alguns dos padrões de ativação neural associados com a orientação atencional, como veremos a seguir (Gazzaniga et al, 2014).

Na tarefa de Posner os sujeitos experimentais devem permanecer com o olhar fixo num ponto no centro de uma tela durante toda a tarefa. A 7º graus de distância, em cada uma de suas laterais, horizontalmente, encontram-se ancoras visuais. Estas âncoras são contornos de quadrados de 1º de lado. Dentro deles surgem os estímulos alvo. Os indivíduos devem responder ao aparecimento dos alvos à esquerda ou à direita do ponto de fixação apertando um botão, sendo que o botão a ser pressionado é o mesmo para ambos os lados. Contudo, antes do aparecimento do alvo há apresentação de uma pista visual que pode ser **válida**, se indicar corretamente o local de aparecimento do alvo, ou **inválida**, caso preveja incorretamente o lado de surgimento deste. Pistas válidas e inválidas ocorrem aleatoriamente ao longo das sessões e, ao fim do experimento, o **tempo de reação** (TR, tempo que o sujeito toma para responder ao aparecimento do alvo) de tentativas com estes dois tipos de pista é comparado; esta comparação serve de base para inferir sobre os processos atencionais subjacentes (Chica, Martín-Arévalo, Botta & Lupiáñez, 2014; Posner, 1980).

Posner, Nissen e Ogden (1978, citado por Posner, 1980) investigaram a orientação da atenção visioespacial em humanos usando esta tarefa. Eles empregaram setas direcionais como pistas, sendo que o sentido da seta indicava o lado em que o alvo potencialmente apareceria. Além destas, fizeram uso de pistas neutras, neste caso, um sinal de "+", o qual, quando apresentado, indicava que o alvo tinha a mesma probabilidade de aparecer à direita ou à esquerda (tentativas neutras). Este tipo de pista foi considerado não-preditiva, pois suas características não informavam sobre o lado de provável aparição do alvo. Porém, como as setas, ela é temporalmente informativa, pois indica a pendência do alvo. Diferentemente, as setas indicavam o local correto de apresentação do alvo em 80% das tentativas (tentativas válidas) e o local incorreto de apresentação do alvo em 20% das tentativas (tentativas inválidas). Por esta razão, foram consideradas preditivas, pois permitiam a correta orientação da atenção em 80% das tentativas. A sequência das tentativas era imprevisível.

Os resultados do estudo acima revelaram que os tempos de reação nas tentativas válidas foram significantemente menores quando comparados aos observados nas tentativas neutras, ou seja, os sujeitos responderam mais rapidamente nas tentativas com pistas válidas do que naquelas em que pistas neutras eram apresentadas. Isto mostra um benefício gerado pela pista válida, que possibilitou a orientação prévia da atenção para o local de aparecimento do alvo, acelerando sua detecção. Diferentemente, os tempos de reação nas tentativas inválidas foram significantemente maiores que os observados nas tentativas neutras. Por sua vez, isto mostra o prejuízo gerado pela orientação prévia da atenção para o local oposto ao do alvo, retarda a detecção deste último. Uma vez que os olhos foram mantidos fixos em todos os tipos de tentativas, a mesma informação sensorial foi oferecida nas tentativas válidas, neutras e inválidas. Da mesma maneira, a resposta motora requerida nas tentativas válidas, neutras e inválidas foi a mesma (apertar um botão). Portanto, não se pode atribuir os efeitos das pistas válidas e inválidas a mecanismos sensoriais e motores. Assim, a diferença no TR nas tentativas inválidas e válidas, denominada "efeito de validade" para tempos de reação, reflete o benefício obtido pela orientação prévia da atenção para o local em que o alvo era esperado e os custos desta orientação para um local incorreto, exigindo a inibição deste foco atencional e a re-orientação da atenção para detectar o alvo apresentado num outro local (Posner, 1980).

Posteriormente, utilizando-se diferentes tipos de pista, pôde-se "dissecar" mecanismos distintos de orientação da atenção (ver adiante). **Pistas centrais**, ou **simbólicas**, são constituídas de sinais com significado arbitrário que indicam a direção para a qual a orientação da atenção deve ser feita; como as setas usadas no experimento acima. Neste caso, a orientação depende das expectativas do sujeito sobre a pista, da interpretação que faz delas,

ocorrendo, supostamente, de maneira **voluntária**, por isso é frequentemente considerada como sendo "de cima para baixo". Este tipo de orientação é chamado **endógena**[2]. **Pistas periféricas**, as quais são estímulos salientes que aparecem próximo ou no local de ocorrência do alvo, geram efeitos de orientação da atenção que parecem independer das motivações e da volição do sujeito experimental. A orientação neste caso é considerada **automática**, pois depende primordialmente das características das pistas, desta forma foi designada **exógena**, considerada como sendo "de baixo para cima" (Berger, Henik & Rafal, 2005; Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002).

Além de se poder ajustar a tarefa para avaliar a orientação endógena ou exógena da atenção, é possível manipular o tempo entre o aparecimento da pista e o surgimento do alvo para avaliar o curso temporal desta orientação. O SOA (do inglês *stimulus-onset asynchrony*, assincronia entre o início dos estímulos) utilizado no estudo acima foi 1000 ms em todas as tentativas. Todavia, para acessar como a atenção é engajada ao longo do tempo é necessário variar o SOA entre as tentativas. Para isso, geralmente determina-se de três a seis SOAs (por exemplo, 200, 400, 800 e 1200 ms) que ocorrem aleatoriamente ao longo da sessão (Luck & Vecera, 2002). Estes intervalos são selecionados com base em qual momento da orientação atencional se deseja investigar (ver implicações experimentais abaixo).

A combinação desses diferentes tipos de pistas, SOAs distintos e manipulações na preditividade das pistas proporciona resultados adicionais sobre os mecanismos neurais subjacentes a orientação da atenção. Isto é, pode-se estabelecer um esquema **preditivo**, isto é, no qual o padrão de apresentação de pistas permite predizer a localização do alvo na maioria das vezes, por exemplo, empregando-se 80% de tentativas válidas e 20% de inválidas. Contrariamente, pode-se estabelecer um esquema **não-preditivo**, ou seja, no qual o padrão de apresentação das pistas não prediz a posição do estímulo alvo, utilizando-se 50% de tentativas válidas e 50% de tentativas inválidas.

Manipulações combinadas desses três fatores, isto é, tipo de pista (central ou periférica), previsibilidade (preditivo ou não preditivo) e SOA (diferentes tempos), permitiu revelar diferenças no curso temporal do efeito de validade para tempos de reação (Figura 2), levando à proposta de que processos distintos subjazem a orientação da atenção (Luck & Vecera, 2002).

---

[2] Posteriormente viu-se que certos tipos de pistas centrais, como setas e imagens de olhares direcionados geram efeitos de orientação automática da atenção (Hommel, Pratt, Colzato & Godijn, 2001; Marotta, Lupiañez & Casagrande, 2012; Ristic, Friedsen & Kingstone, 2002). Entretanto, tais achados não desqualificam a existência de efeitos de orientação endógena baseados em pistas puramente simbólicas (Chica, Martín-Arévalo, Botta & Lupiáñez, 2014; McCormick, 1997).

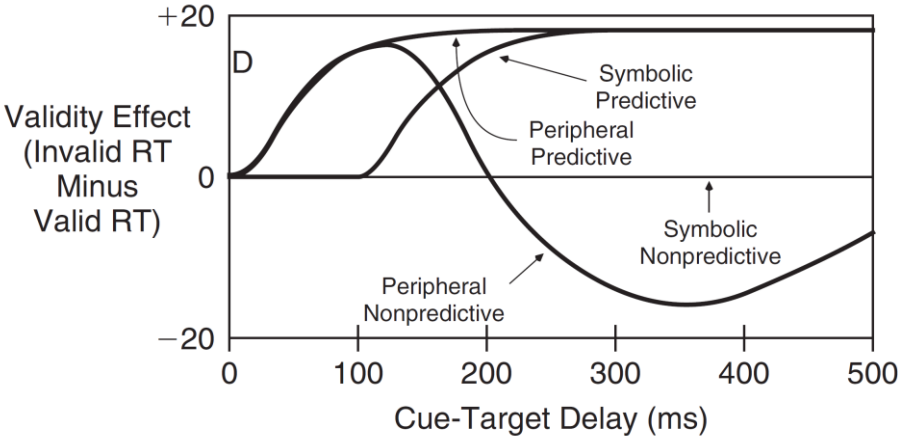
Pistas centrais não-preditivas usualmente não geram efeitos de validade para os tempos de reação, independentemente do SOA. Supostamente, os voluntários não têm motivação para orientar a atenção para o local sinalizado pela pista, pois não há padrão de apresentação entre pista e alvo (Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002).

Pistas periféricas não-preditivas usualmente geram um efeito bifásico. Os efeitos de validade para tempos de reação se iniciam aos 50 ms após a apresentação da pista e atinge um pico positivo ao redor de 100-150 ms. Esta rápida reação é usualmente atribuída à captura exógena (automática) da atenção para o local onde o estímulo saliente (i.e., a pista periférica) foi apresentado abruptamente (Posner & Cohen, 1984; Wright & Richard, 2000). Este benefício originado da orientação (neste caso exógena) é frequentemente chamado de **facilitação** (o termo também é utilizado no caso de orientação endógena). Aumentos adicionais do SOA levam a uma inversão do efeito de validade para tempos de reação; ele torna-se negativo, pois os tempos de reação nas tentativas inválidas tornam-se menores do que os tempos de reação nas tentativas válidas, ou seja, os voluntários respondem mais rapidamente em tentativas inválidas do que nas válidas. Este fenômeno, denominado **inibição de retorno** (**IOR**, do inglês *inhibition of return*), exibe um pico de negatividade ao redor de 300-400 ms. Inicialmente Klein (2000) e Posner e Cohen (1984) propuseram que ele reflete um processo que refreia a orientação da atenção para um local recentemente atendido, tendendo a se desvanecer em SOAs maiores. Contudo, mais recentemente tem se indicado que inibição de retorno não necessariamente envolve o refreio da atenção, podendo indicar um custo na detecção de estímulos que captem a atenção em locais nos quais a atenção já foi orientada recentemente. Pois foi demonstrado que ocorre inibição de retorno mesmo em locais no endogenamente atendidos, como uso de pistas que não orientariam a atenção de forma exógena (Bartolomeo, Decaix & Siéroff, 2007; Chica & Lupiáñez, 2009; Chica et al, 2014; Lupiáñez, Martín-Arévalo & Chica, 2013).

Diferentemente, pistas centrais preditivas produzem um efeito de validade para tempos de reação que se inicia em SOAs entre 100-200 ms, mas não menores, atingindo um platô para SOAs de cerca de 300 ms ou maiores, mantendo-se assim por mais de 500 ms. Esta relativa lentidão na expressão do efeito de validade (comparado a pistas periféricas) é atribuída ao tempo requerido para decodificar e interpretar a pista central e orientar endogenamente a atenção para o local sinalizado. Uma vez engajada, o esquema preditivo favorece a manutenção desta orientação devido à alta probabilidade de o estímulo alvo aparecer no local indicado pela pista (Chica et al, 2014; Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002).

Similarmente a pistas periféricas não preditivas, um esquema com pistas periféricas preditivas gera efeitos de validade em tempos de reação com início em SOAs tão curtos quanto 50 ms que atingem um pico em cerca de 100-150 ms. Da mesma forma, este efeito pode ser interpretado como consequência da captura automática da atenção exógena pela pista periférica. Entretanto, este efeito de validade é mantido como um platô positivo para SOAs mais longos, sugerindo que a previsibilidade da pista estimula o engajamento posterior da atenção endógena, sobrepujando assim a IOR que, de outra forma, levaria a um efeito de validade negativo (Chica et al, 2014; Posner e Cohen, 1984; Berger et al., 2005; Bartolomeo et al., 2007).

Figura 2 - Efeito validade para tempos de reação em função do SOA, tipo de pista e Preditividade.



Do inglês "*Validity Effect (Invalid RT minus Valid RT)*" é "Efeito validade (TR nas inválidas menos TR nas válidas"; "*Cue-Target Delay"* é "atraso entre pista e alvo" (isto é SOA); "*Symbolic predictive*" é "simbólica preditiva"; "*Peripheral predictive*" é "periférico preditivo"; "*Symbolic nonpredictive*" é "simbólica não preditiva"; "*Peripheral nonpredictive*" é "periférico não preditivo". Fonte: Luck & Vecera, 2002.

Apesar de inicialmente associado a pistas periféricas não preditivas, é importante ressaltar que a IOR também é observada com outro tipo de pista e preditividade. Em humanos foi demonstrada a ocorrência de IOR com determinados tipos de pistas centrais não preditivas. O uso de imagens de rostos com olhares direcionados para esquerda, direita, cima ou baixo mostrou-se bastante efetivo na orientação atencional, propiciando efeitos de facilitação mesmo num esquema não preditivo (Ristic et al, 2002), de forma similar ao que é observado na orientação a pistas periféricas não preditivas. Tal orientação é tida como reflexiva e supostamente ocorre pela relevância biológica da pista. Um efeito similar foi obtido com o uso de pistas simbólicas biologicamente irrelevantes, porém com significado espacial condicionado, como setas direcionais. Neste caso também ocorre efeito de facilitação mesmo quando o esquema é não preditivo (Ristic et al, 2002). Supostamente em nosso dia-a-dia setas são tão frequentemente relacionadas a uma direção que nós orientamos a atenção de

forma automática a elas. Ambos tipos de pista – biologiamente relevantes e os "superaprendidos" – geram IOR, como demonstrado por Martín-Arévalo, Kingstone e Lupiánez (2013). Levanta-se a hipótese que como a atenção neste caso é reflexiva, similarmente ao que ocorre com o uso de pistas periféricas não preditivas, o foco atencional é direcionado automaticamente para o local indicado pela pista, contudo, como o esquema é não preditivo, como aumento do SOA gera-se um custo na detecção de um alvo apresentado no lado no qual a atenção foi orientada recentemente.

Além disso, deve ser notado que em humanos o fenômeno da IOR é supra modal, ou seja, ocorre tanto quando pista e alvo são da mesma modalidade como quando são de diferentes modalidades sensoriais, considerando tato, visão e audição. Isso foi demonstrado utilizando-se uma tarefa de cronometria mental cujo aparelho experimental permitia a apresentação de estímulos visuais, auditivos e táteis exatamente no mesmo local, de forma que o efeito de pistas válidas e inválidas, em diversos SOAs, foi avaliado quando do uso de alvos visuais, auditivos ou táteis (Spence, Lloyd, McGlone, Nicholls & Driver, 2000).

Todos estes efeitos e toda a fenomenologia da atenção estudada nas diferentes condições da tarefa de orientação encoberta da atenção permitem supor que existem vários processos neurais subjacentes a este comportamento. A principal teoria sobre como a atenção dá origem a tais fenômenos foi a de que ela afeta o processo de percepção, alterando a detecção e processamento de estímulos (Posner, 1980). Contudo, evidências oriundas unicamente de estudos de cronometria mental não são capazes de aquilatar quais processos neurais estão envolvidos num determinado comportamento. Destarte, era necessário coletar evidências fisiológicas que aclarassem os mecanismos e substratos envolvidos no fenômeno atencional. Tal empreendimento foi iniciado com o estudo da atividade encefálica de humanos saudáveis, pacientes com lesões encefálicas e animais não humanos, utilizando diversas técnicas diferentes. É o que será tratado a seguir.

1.3 MECANISMOS NEURAIS DA ORIENTAÇÃO ATENCIONAL

Uma das primeiras tentativas bem sucedidas de se medir mudanças na atividade neural durante a orientação da atenção remontam a um experimento relativamente simples feito por Eason, Harter e White (1969). Eles avaliaram atenção a estímulos visuais enquanto registravam potenciais relacionados a eventos (ERP), no EEG, em humanos. O estudo demonstrou que a atividade neural gerada por estímulos atendidos voluntariamente (ou seja,

aos quais o sujeito experimental está orientando a atenção endogenamente) é maior do que a atividade neural de quando os sujeitos veem estes mesmos estímulos, mas os ignoram.

Estudos posteriores buscaram avaliar com maior precisão espacial as regiões envolvidas no comportamento atencional e registrar a atividade neural durante o desempenho de tarefas mais complexas. Neste sentido, Hopfinger, Buonocore e Magun (2000) realizaram um interessante estudo utilizando uma versão modificada da tarefa de orientação encoberta da atenção. Nela, humanos saudáveis eram submetidos a uma tarefa na qual deviam orientar a atenção à esquerda ou direita do campo visual, com base numa pista central, e discriminar características do estímulo alvo apresentado no lado atendido enquanto eram escaneados por fMRI relacionada a eventos. Estes autores mostraram que, somente em resposta ao aparecimento da pista, regiões nos córtices frontal superior, parietal inferior, temporal superior e porções do córtex cingulado posterior e da insula, demonstraram fluxo sanguíneo aumentado e, assim, estariam envolvidas num sistema de controle voluntário da orientação atencional. Interessantemente, o estudo evidenciou que este sistema modula a atividade de regiões do córtex visual antes do aparecimento do alvo de forma a alterar o processamento do estímulo visual a ser recebido.

Achados similares foram encontrados investigando-se a orientação exógena da atenção. Hopfinger e Magun (2001) avaliaram a ocorrência de ERPs numa tarefa de orientação encoberta com pistas periféricas não preditivas. Eles observaram que em SOAs curtos de tentativas válidas houve uma ampliação de componentes relacionados com percepção e cognição (P1 e P300) em comparação com as tentativas inválidas. Esta ampliação tendeu a diminuir em SOAs longos. Congruentemente, os autores observaram uma diminuição no tempo de respostas nos SOAs curtos com ocorrência de inibição de retorno em SOAs longos. Estes achados demonstram que, similarmente ao observado na orientação voluntária da atenção, existe um mecanismo que modula o processamento visual de estímulos atendidos exogenamente. Porém, neste caso, a facilitação é mais rápida e menos duradoura comparado a endógena, a qual é mais lenta, porém duradoura. Trabalhos posteriores identificaram que o córtex temporoparietal e córtex frontal inferior estariam envolvidos no controle da orientação exógena da atenção (Corbetta & Shulman, 2002).

Como se pode notar, os avanços feitos desde a época em que William James fez suas primeiras observações sobre atenção foram impressionantes. O uso da cronometria mental, em especial da tarefa de orientação endógena, junto a técnicas de registro fisiológico propiciou grande desenvolvimento na área. Contudo, apesar dos notáveis avanços que tais estudos trouxeram para o estudo da atenção, os métodos empregados possuem suas limitações. Apesar

de sua alta resolução espacial, o fMRI possui sérias limitações quanto a resolução temporal, não detectando a ocorrência de eventos muito breves. Por outro lado, embora exiba resolução temporal adequada, ERPs representam a combinação da atividade elétrica de milhares de neurônios que emitem respostam grandes o bastante para propagarem-se pelo crânio e serem registradas no couro cabeludo (Gazzaniga etal, 2014), exibindo sérias limitações de resolução espacial. Para elucidar quais são os mecanismos neurais da atenção no nível celular é preciso recorrer a modelos animais em que seja viável realizar o registro da atividade nervosa em neurônios situados em diferentes regiões nervosas.

1.4 USO DE MODELOS ANIMAIS NO ESTUDO ATENCIONAL

O uso de modelos animais para o estudo da atenção se iniciou com macacos. Moran e Desimone (1985) mostraram, através de registro unitário de neurônios, que células na área V4 de macacos disparam mais potenciais de ação quando o animal atende um certo estímulo do que quando o ignora. Este resultado é similar ao obtido por Eason e colaboradores (1969) em humanos, descrito acima. Isto abriu espaço para que o modelo animal fosse explorado subsequentemente, produzindo diversos achados, indo desde o estabelecimento da tarefa de orientação encoberta para este animal (Bowman, Brown, Kertzman, Schwarz & Robinson, 1993), até a demonstração, em nível celular, de que a orientação da atenção aumenta a eficiência pré-sinaptica em gerar respostas pós-sinapticas (Briggs, Magun & Usrey, 2013).

Em ratos, provavelmente um dos primeiros estudos envolvendo atenção seletiva foi publicado por Philip Bushnell (1995). Ele mostrou que ratos eram capazes de orientação manifesta da atenção – isto é, com movimentação das superfícies sensoriais – utilizando-se de pistas visuais e auditivas. Isto indicou que ratos, um modelo animal mais acessível que primatas não humanos, seriam úteis na pesquisa atencional, provavelmente incentivando explorações posteriores.

Subsequentemente, Rosner e Mittleman (1996) adaptaram a tarefa de orientação encoberta da atenção para este animal. Eles concretizaram isto com a utilização de uma caixa de condicionamento operante (CCO) com 3 buracos, dispostos lado a lado horizontalmente em uma das paredes da caixa. O **buraco central** funcionava como ponto de fixação e os **buracos laterais** como âncoras onde ocorriam as pistas e alvos. Cada buraco era equipado com uma fotocélula em sua entrada e com uma lâmpada no seu fundo. O sistema era conectado a um computador que permitia o controle da luminância, duração e momento de acendimento das lâmpadas, servindo para regular os contingentes experimentais na CCO. A

aparição, nos buracos laterais, de uma **luz fraca** (no inglês, *dim light*) indicava a pista e a ocorrência de uma **luz forte** (no inglês, *bright light*) o alvo. Nota-se, assim, que as pistas que ele utilizou foram periféricas. Os animais eram treinados a inserir o focinho no buraco central, quando o faziam a pista era apresentada nos buracos laterais, os animais deviam então manter o focinho no buraco central durante o tempo do SOA (que variava aleatoriamente entre 50, 150, 550, 1000 e 1500 ms) e, após o aparecimento do alvo, responder inserindo o focinho no buraco no qual este apareceu. Os ratos foram submetidos a um esquema preditivo de teste, com 80% de tentativas válidas e 20% inválidas. Medidas do tempo de reação e cálculos de acertos e diferentes tipos de erros foram tomadas com base na informação que as fotocélulas na entrada dos buracos forneciam ao computador.

Os resultados obtidos por estes autores mostraram que os animais apresentavam tempos de reação mais baixos (isto é, respondiam mais rapidamente) para tentativas válidas do que para tentativas inválidas em todos os SOAs, sendo a diferença significativa nos intervalos de 50, 150 e 1500 ms. Isto revela que os animais orientaram a atenção baseados nestas pistas periféricas, exibindo um efeito validade em SOAs curtos que se estendeu em SOAs mais longos. Adicionalmente, reportaram uma diminuição na acurácia nas tentativas inválidas em comparação com as válidas, o que pode indicar uma dificuldade na detecção do alvo causada pela pista inválida. Estudos seguintes com a mesma tarefa e com esquema preditivo (Marote & Xavier, 2011; Ward & Brown, 1996, 1997; Ward, Sharkey, Marston & Brown, 1998) corroboraram o que foi encontrado por estes autores. Pelo menos nos SOAs de 200 e 400 ms ocorreram diferenças significativas entre válidas e inválidas, sendo que, em alguns casos, estes efeitos vão até ou além dos 800 ms (Marote & Xavier, 2011; Rosner & Mittleman, 1996; Ward & Brown, 1997).

Estudos subsequentes acessaram a orientação da atenção com pistas periféricas não preditivas (Marote & Xavier, 2011; Philipps, McAlonan, Robb & Brown, 2000; Wagner, Baker, Rostron, 2014; Weese, Phillips e Brown, 1999). Estes trabalhos demonstraram a ocorrência de efeitos validade consistentes no SOA de 200 ms, em alguns casos 400 ms, indicando uma orientação da atenção de início rápido e pouco duradoura, se comparado a um esquema preditivo.

Em conjunto, estes estudos parecem indicar que em ratos, quando o esquema é não preditivo, demonstram efeitos validade circunscritos a SOAs curtos, enquanto que, quando pista é preditiva, este efeito tende a se estender a intervalos mais longos. Tais achados são análogos a estudos em humanos e deram as indicações claras que estes animais seriam modelo animal útil ao estudo da atenção.

Tal abordagem permitiu contribuições interessantes ao campo, como a demonstração de que o núcleo reticular do tálamo estaria relacionado à facilitação sináptica da transmissão de estímulos atendidos (Weese et al, 1999) ou do achado que, assim como humanos e macacos, em ratos a transmissão colinérgica é um substrato neuroquímico fundamental do desengajamento e movimentação da atenção visioespacial (Philipps et al, 2000). Interessantemente, foi evidenciado que lesões no córtex parietal posterior não levam a deficiências na orientação atencional, apenas na iniciação das respostas (Rosner & Mittleman, 1996; Ward & Brown, 1997). Em humanos e macacos é sabido que lesões nesta área causam uma deficiência no engajamento da atenção, assim a razão pela qual em ratos esse mesmo efeito não acontece é pouco clara. Isto poderia indicar que o paradigma toca em funções evolutivamente conservadas exercidas por estruturas distintas nas diferentes espécies (Rosner & Mittleman, 1996). Entretanto é necessário avaliar até que ponto a extensão das regiões lesadas foi equivalente, considerando-se as relações de homologia entre essas regiões. Adicionalmente, embora análogas, não está claro que as demandas da tarefa para os diferentes animais sejam as mesmas. Dessa forma torna-se necessário avaliar tal questão sob a luz de mais evidências experimentais.

Atualmente ainda existem fenômenos observados na orientação atencional de humanos cuja demonstração em ratos tem se mostrado difícil. Um estudo recente, feito por Wagner e seus colaboradores (2014), observando que as investigações, até então, tinham revelado a inexistência de IOR quando do uso de pistas periféricas não preditivas, propôs-se a avaliar se o fenômeno era passível de ser demonstrado neste animal. Empregando o mesmo método dos trabalhos anteriores, apesar de terem explorado o fenômeno em duas linhagens diferentes de rato, Sprague-Dawley e Lister Hooded, não conseguiram demonstrar robustamente a inibição de retorno. Os autores propuseram que isto se deve a diferenças importantes entre o experimento com humanos e com animais. Enquanto seres humanos são testados em uma, no máximo duas sessões, ratos são submetidos a várias dezenas de sessões de treino antes de serem testados, para fins de modelagem comportamental, o que poderia estar extinguindo ou mascarando o fenômeno. Adicionalmente, além de estes roedores fazerem o experimento privados de alimento, são expostos a esquema de reforço contínuo; tal fator pode alterar a motivação do animal e influenciar a resposta de orientação espacial da atenção. Dado que estas são proposições não testadas, ainda são necessários mais estudos para aclarar estas questões.

Marote e Xavier (2011), usando pistas periféricas, analisaram animais treinados tanto em esquema preditivo, quanto não preditivo o que lhes permitiu fazer comparações

interessantes entre os grupos preditivo e não preditivo. Eles demonstraram que o efeito validade no SOA de 800 ms é significativamente maior no grupo preditivo, se comparado ao não preditivo. Os autores interpretaram o achado como um indício de orientação endógena da atenção; o raciocínio para tal é o que segue. Considerando que a ocorrência de efeito validade em SOAs curtos deve-se à orientação exógena da atenção, sendo ela automática e reflexiva, predominaria nos SOAs de 200 e 400 ms e ocorreria em ambos grupos. Contudo, no grupo preditivo, haveria um processo de orientação endógena associado com esta orientação exógena, o qual estenderia o efeito validade para SOAs mais longos, como o que os autores observaram no de 800 ms.

Apesar desta revelação de um efeito indicativo de orientação endógena durante a utilização de pistas periféricas preditivas (Marote & Xavier, 2011), inexistem evidências que demonstrem inequivocamente uma orientação endógena da atenção nestes animais. A demonstração de tal componente é fundamental no completo estabelecimento deste animal como modelo e exigiria a implementação de uma tarefa com pistas simbólicas, pois a orientação da atenção com este tipo de pista é efetivamente endógena (Luck & Vecera, 2002). Tal iniciativa encontra dificuldades considerando a tarefa em seus moldes atuais, pois a apresentação de pistas visuais centrais que sejam efetivas utilizando-se dos três buracos do aparelho experimental não é favorável.

Ratos utilizam pistas visuais em contextos de navegação espacial (Maaswinkel & Whishaw, 1999), provavelmente por isso o uso de pistas e alvos visuais tem se mostrado uma boa abordagem no estudo atencional. Todavia, parece razoável a utilização de estímulos auditivos como pistas, pois, em mamíferos, a audição é essencial no direcionamento da atenção visual (ver Heffner, 1997 para mais detalhes). Ademais, já foi demonstrado que o emprego de pistas auditivas acelera a detecção de alvos visuais numa tarefa de orientação encoberta da atenção em humanos (Farah, Wong, Monheit & Morrow, 1989). O emprego deste tipo de pista facilitaria a utilização de uma tarefa de orientação encoberta, contornando as dificuldades em implementar-se uma pista simbólica no aparelho experimental utilizado atualmente.

O escopo deste trabalho encontra-se exatamente em estudar a utilização de pistas auditivas nesta tarefa, com o objetivo de aclarar se estes roedores são de fato capazes de orientar a atenção de forma exógena e endógena, analogamente a seres humanos e macacos. Neste setido, o uso de estímulos auditivos é vantajoso, pois permite gerar um planejamento experimental envolvendo tanto pistas simbólicas, como periféricas, tanto preditivas, como não preditivas. Este empreendimento tem o potencial de lançar luz sobre o emprego da

modalidade auditiva na tarefa adaptada para ratos e de expandir, sob o crivo de novas evidências, o uso de ratos na investigação das bases neurais da atenção.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o curso temporal da orientação endógena e exógena da atenção em ratos, com a utilização de pistas auditivas centrais ou periféricas, preditivas ou não preditivas, e alvos visuais.

A demonstração de orientação atencional nestas condições experimentais viabilizará a utilização destes animais mais amplamente como modelo para o estudo da neurobiologia da atenção.

Dentre os objetivos específicos incluímos:

a) implementar uma versão do teste de atenção encoberta de Posner para ratos, com pistas auditivas e alvos visuais, possibilitando investigar a orientação endógena e exógena da atenção;
b) investigar o curso temporal da orientação da atenção endógena e exógena, com a utilização de pistas centrais e periféricas, por meio de diferentes SOAs;
c) avaliar se haveria analogia no comportamento de orientação atencional em humanos e ratos, por meio da comparação dos resultados obtidos neste estudo com dados da literatura científica envolvendo humanos.

Além da contribuição teórico-conceitual desses estudos para o conhecimento sobre orientação da atenção, a validação de um teste de orientação encoberta da atenção para ratos intensificará o emprego deste modelo animal, mais acessível do que primatas não humanos, em estudos envolvendo as bases neurofisiológicas da atenção por meio de registros eletrofisiológicos e/ou de aplicação tópica de drogas em regiões circunscritas do sistema nervoso, contribuindo assim para o conhecimento sobre as bases neurobiológicas da atenção.

3 MATERIAL E MÉTODO

Descreveremos, neste tópico, os procedimentos comuns empregados nos 3 experimentos incluídos neste estudo. Posteriormente, quando da descrição de cada experimento, apresentaremos seus detalhes específicos, sendo a principal diferença o conjunto de SOAs utilizados, como exposto a seguir.

3.1 SUJEITOS EXPERIMENTAIS

Foram empregados 40 ratos Wistar (*Rattus norvegicus*) em dois lotes, o primeiro de 25 animais e o segundo de 15, com aproximadamente 90 dias de idade no início dos experimentos. Todos foram submetidos a um regime de claro-escuro de 12-12h controlado automaticamente (luzes acesas às 06h00) e temperatura mantida estável (23 ± 5 ºC). Os animais foram acondicionados em caixas convencionais de polipropileno (até três animais por caixa) com água *ad libitum* e foram submetidos a um esquema de privação alimentar com acesso a alimento durante 3 h por dia; nas 21 horas restantes permaneceram sem alimento.

Ao final da experimentação os animais foram sacrificados por injeção intraperitoneal de 125 mg/kg de Tiopental a 5% misturado com 10 mg/mL de Lidocaína (adicionada ao Tiopental para minimizar a dor, de acordo com a recomendação do Conselho Nacional de Controle de Experimento Animal).

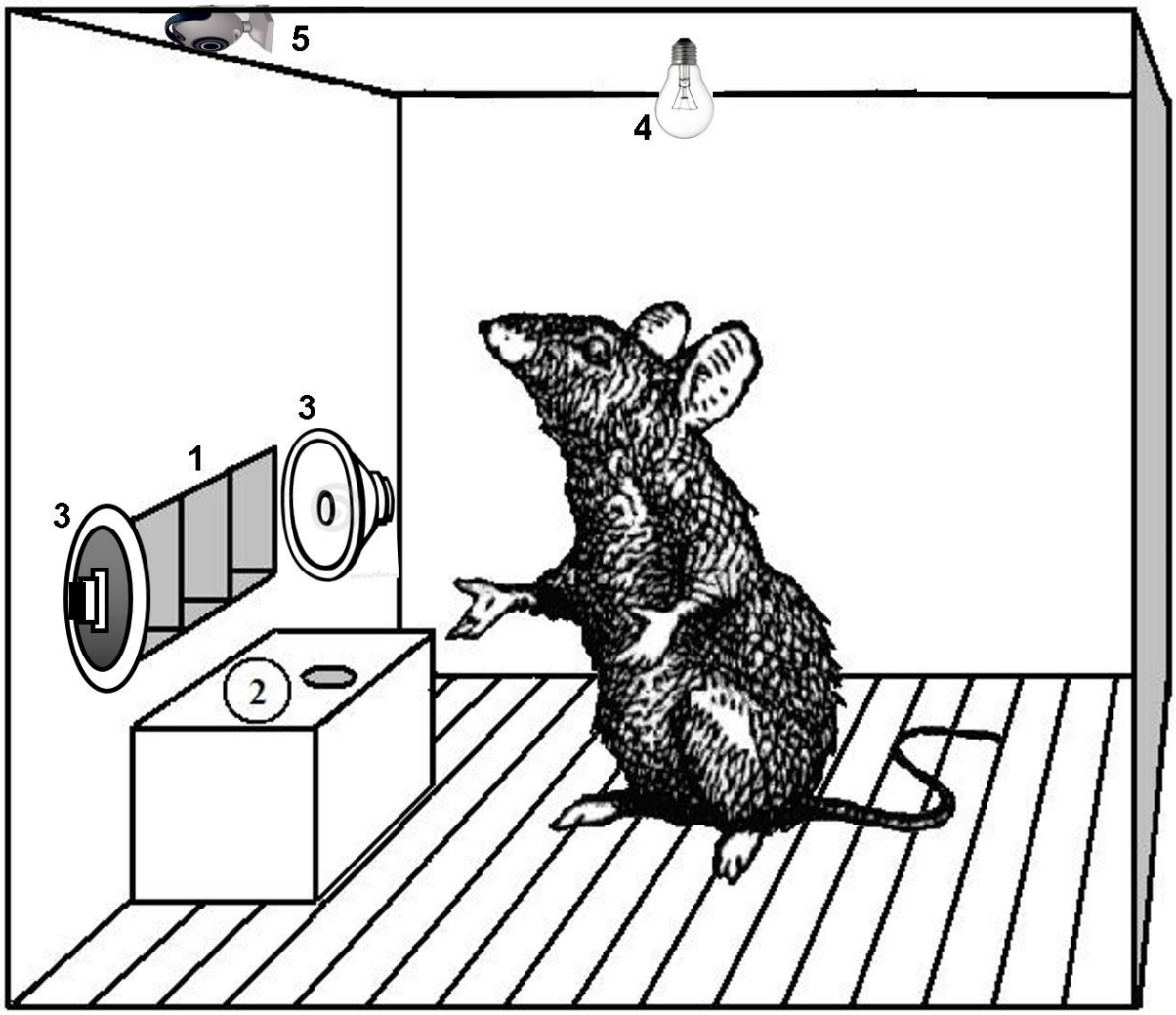
Todos os procedimentos e cuidados com os animais estavam em acordo com as normas nacionais e internacionais de uso de animais em pesquisa, e foram apreciados pelo Comitê de Ética em pesquisas com animais do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (Protocolo CEUA IBUSP 205/2014). O documento com o parecer está no “Anexo A – Apreciação do comitê de ética em pesquisa”.

3.2 EQUIPAMENTO

O teste dos animais foi realizado em caixas de condicionamento operante (CCO) confeccionadas no Laboratório de Neurociências e Comportamento, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Elas tinham paredes e teto de acrílico opaco branco e chão composto de barras de aço inoxidável medindo 3 mm de diâmetro, dispostas lado a lado em intervalos de 13 mm, numa mesma direção. As dimensões internas da caixa eram 26 x 26 x 21 cm (comprimento x largura x altura). Cada uma delas era iluminada por um

LED (sigla em inglês para *Light Emitting Diode*, diodo emissor de luz) de 10 mm, chamado *houselight*, calibrado para emitir 15 lux de luminosidade (medidos sobre o assoalho da caixa, abaixo do mesmo), e equipada, em uma das paredes, com dois alto-falantes, um bebedouro e um focinhador, isto é, um dispositivo com três buracos e equipados com LEDs e fotossensores (Figura 3). Todos esses componentes estavam ligados por uma interface a uma placa Arduino Mega 2560 (uma plataforma de prototipagem eletrônica) (Arduino, 2014), o qual rodava com um programa desenvolvido por Gilberto Fernando Xavier, que controlava todos os componentes mencionados, estabelecia os contingentes experimentais desejados e gerenciava o armazenamento dos dados registrados pelos sensores.

Figura 3 - Esquema representativo do interior da caixa de condicionamento operante.



(1) três buracos do focinhador; (2) bebedouro; (3) alto-falantes protegidos em tubos de aço inoxidável a esquerda e direita do focinhador; (4) a *houselight*; (5) câmera. Fonte: Montado e programado por Gilberto Fernando Xavier.

Os três buracos do focinhador eram constituídos de tubos quadrados de aço inoxidável medindo 2,5 cm de lado e 4,5 cm de profundidade cada e estavam dispostos lado a lado horizontalmente, de tal forma que, quando o animal inseria o focinho no buraco central, a cabeça era mantida centralizada. No extremo oposto do tubo de aço, em cada um dos buracos, estavam posicionados LEDs que podiam ser ligados e desligados por curtos períodos de tempo, sob controle do Arduino. O circuito eletrônico que os alimentava permitia controlar a quantidade de luz emitida por cada um. Entre a extremidade com o LED e a oposta havia um anteparo translúcido que dissipava o feixe de luz, tal que o estímulo luminoso não era percebido como um ponto, mas preenchia toda a área do tubo quadrado. A 0,5 cm da entrada de cada buraco havia um foto-sensor que registrava interrupções de um feixe de luz infravermelha montado na parede oposta abaixo dele; isto permitia saber quando o animal inseria o focinho nos buracos.

Os LEDs do focinhador e *houselight* foram calibrados, com o auxílio de um luxímetro digital, a cada 3 meses ou sempre que houvesse a necessidade de substituir algum componente das CCOs.

Imediatamente abaixo do buraco central do focinhador estava localizado o bebedouro. Ele liberava 20 µl de solução a cada acionamento e foi onde os animais receberam o reforço, uma solução aquosa de sacarose a 10%. A solução era obtida através da adição de 10 g de sacarose cristalizada (C12H22O11, Synth®) num Becker e completada com água destilada até o volume de 100 mL. O dispositivo era constituído de um motor elétrico em cujo eixo estava preso uma haste longa de metal. Em uma das extremidades desta haste havia uma cuia e na outra um contrapeso. Abaixo da cuia ficava instalado um reservatório com solução de sacarose. A caixa era construída de modo que os animais não conseguissem acessar diretamente o reservatório, mas que a cuia ficasse acessível através de um buraco abaixo do focinhador. Quando os sujeitos experimentais executavam a sequência comportamental desejada, o motor era ativado fazendo a cuia mergulhar no reservatório de sacarose e logo em seguida, puxada pelo contrapeso, voltasse à posição inicial, agora, repleta de sacarose para ser consumida pelo animal.

Os alto-falantes laterais foram montados dentro de tubos de aço inoxidável, um em cada lado do focinhador. Eles emitiam sons com frequências entre 0,5 e 42 KHz e duração programável, e podiam ser acionados individualmente ou em conjunto.

Externamente à caixa havia uma câmera ligada a um monitor, o que permitia acompanhar o desempenho do animal.

Cada caixa de condicionamento estava individualmente acondicionada em uma caixa maior de madeira com proteção antirruídos, de forma a mitigar a quantidade de som que entrava e saia da caixa de condicionamento.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Neurociências e Comportamento sempre no período claro, entre 7h00 e 14h00, 6 dias por semana, preferencialmente de segunda-feira a sábado.

3.3 TAREFA COMPORTAMENTAL

Na tarefa de Posner (1980), os voluntários experimentais devem manter o olhar fixo num ponto e, após a ocorrência da pista, responder a alvos visuais que aparecem à esquerda ou à direita do ponto de fixação. As pistas podem ser válidas ou inválidas; as válidas indicam corretamente o local de aparecimento do alvo e as inválidas indicam o lado oposto. A sequência de apresentação de pistas válidas e inválidas é aleatória não sendo possível antever qual tipo de pista será apresentada. Analogamente, na versão para ratos (Marote & Xavier, 2011; Phillips et al., 2000; Rosner & Mittleman, 1996; Ward and Brown, 1996; Weese et al., 1999), dentro da caixa de condicionamento operante, o buraco central do focinhador funciona como ponto de fixação e os buracos laterais como locais para apresentação dos alvos visuais. Pistas válidas e inválidas ocorrem da mesma forma que na tarefa com humanos (ver sessões "1.2 Tarefa de orientação encoberta da atenção" e "1.4 Uso de modelos animais no estudo atencional" para explicações).

Neste trabalho os animais foram expostos a 600 tentativas sucessivas por sessão, uma sessão por dia. Cada tentativa ocorria no seguinte fluxo:

1. o LED no buraco central acendia e o rato devia inserir o focinho nele;
2. quando o animal inseria o focinho, a luz no buraco central se apagava e os alto-falantes reproduziam a pista sonora durante 100 ms. Nesta tarefa usamos bipes de 5 kHz ou 8 kHz, tocados em um ou ambos alto-falantes – a depender do grupo experimental (ver abaixo) – como pistas;
3. o animal permanecia focinhando este buraco por um intervalo entre 50 e 1500 ms, que é o SOA (vide "1.2 Tarefa de orientação encoberta da atenção"). Estes intervalos ocorriam aleatoriamente dentro de 4 valores fixos com igual probabilidade de ocorrência, por exemplo 200, 400, 800 e 1200 ms, a depender do experimento (ver abaixo);
4. o passo seguinte dependia do tipo de tentativa:

a. tentativa com alvo: ocorria em 4/5 das vezes, 1/5 para cada um dos 4 SOAs, e mais 1/5 das vezes para as *Catch trials* (explicada a seguir). Em tentativas com alvo um dos buracos laterais se acendia durante 100 ms após o SOA, correspondendo ao alvo. O animal devia inserir o focinho no buraco alvo, independentemente do local indicado pela pista. Metade destas tentativas era para a esquerda e a outra metade para a direita;

b. *catch trial*: O "SOA" era 1500 ms, independentemente do experimento, e não havia alvo – o rato acertava caso esperasse esse tempo focinhando o buraco central. Os animais não eram capazes de antever a ocorrência desse tipo de tentativa, pois ocorria aleatoriamente e tinha pista, como todas as outras. Este tipo de tentativa reduz a probabilidade que os sujeitos experimentais antecipem suas respostas nas tentativas com alvo (Klein, 2000; Luck e Vecera, 2002).

5. o passo seguinte dependia se o animal tinha acertado ou não a tentativa.
   a. se acertasse, o bebedouro liberava a solução de sacarose e, após um ITI (tempo entre as tentativas, do inglês *inter-trial interval*) de 2 segundos, iniciava-se a próxima tentativa;
   b. caso errasse (erros descritos abaixo), a luz da caixa se desligava e permanecia apagada até o início da tentativa seguinte. Neste caso, somente após 10 segundos iniciava-se a próxima. Este período é chamado de *time-out*. O tempo maior entre as tentativas, o desligamento da *houselight* e a ausência de reforço serviam para sinalizar a ocorrência de erro e tinham caráter punitivo para o animal;
6. início da próxima tentativa (volta ao passo "1").

Neste tipo de tarefa, o sujeito experimental pode cometer uma série de erros, cada um com significado diferente. Estes erros são os que se seguem.

Erro de Comissão: rato responde para o lado oposto ao do aparecimento do alvo. Sinaliza que o animal, não viu o alvo, está respondendo ao acaso, ou o percebeu incorretamente;

Erro de Omissão: sujeito não responde até 1000 ms após o aparecimento do alvo. Sinaliza que não viu o alvo ou não houve motivação para a emissão de resposta;

Erro de Antecipação: animal retira o focinho antes de completado o tempo do SOA. Aqui supõe-se que o animal, possivelmente, tenta antecipar o a aparição do alvo, de modo a responder mais rapidamente a ele. Era o único tipo de erro possível de ser cometido nas *Catch trials*;

Erro de Antecipação após aparecimento do alvo: sujeito retira o focinho do buraco central até 80 ms após o aparecimento do alvo. Supõe-se que esse tempo seria o mínimo necessário para a detecção do alvo pelo animal; assim, caso responda antes disto, assume-se que não viu o alvo, antecipando a resposta.

3.3.1 Variáveis mensuradas

Para cada tentativa correta, eram registrados o **tempo de reação (TR)**, isto é, o tempo entre aparecimento do alvo e retirada do focinho do buraco central, e o **tempo de movimento (TM)**, isto é, o intervalo entre a retirada do focinho do buraco central e o focinhamento do buraco lateral. Quando o sujeito errava, o Arduino registrava o tipo de erro cometido.

Para cada sessão, de cada animal, calculou-se:

Acurácia (ACC): percentagem de respostas corretas relativa ao total de tentativas da sessão;

Acurácia nas *Catch trials*: percentagem de *Catch trials* corretas relativa ao número total deste tipo de tentativa na sessão;

Efeito validade para tempos de reação: mediana do TR das tentativas inválidas menos a mediana do TR das tentativas válidas;

Efeito validade para acurácia: ACC nas tentativas inválidas menos a ACC das tentativas válidas;

Percentagem de erros: a percentagem de erros cometidos, classificada por tipo (ver tipos de erros acima), dividida pelo total de tentativas da sessão.

3.3.2 Grupos experimentais

Os animais foram organizados em grupos de modo a se investigar os efeitos de pistas centrais e periféricas, tanto no esquema preditivo, como no esquema não preditivo. Assim delinearam-se quatro grupos experimentais: central não preditivo (CNP), central preditivo (CP), periférico não preditivo (PNP) e periférico preditivo (PP).

Os grupos com pistas periférica (PNP e PP) foram expostos a bipes de 5kHz ou 8kHz apresentados na esquerda **ou** direita, sendo que o lado de apresentação, e não a frequência, constituía a pista. Cada frequência foi reproduzida o mesmo número de vezes em cada lado. Já nos grupos com pistas centrais (CNP e CP) as pistas foram bipes de 5kHz ou 8kHz apresentados nos dois alto falantes ao mesmo tempo; neste caso cada frequência indicava um

lado. Metade dos animais fez o experimento com 5 kHz indicando esquerda (e 8 kHz direita) e a outra metade com 8 kHz indicando esquerda (e 5 kHz direita). Tais frequências foram selecionadas por serem detectadas em pequenos volumes e, virtualmente, em igual intensidade por estes animais (H. Heffner, R. Heffner, Contos & Ott, 1994)

Na fase de teste (ver abaixo) os grupos preditivos (CP e PP) foram expostos a 80% de pistas válidas e 20% de inválidas, enquanto que os grupos não preditivos (CNP e PNP) tiveram 50% válidas e 50% inválidas em suas tentativas.

3.3.3 Etapas de experimentação

As etapas principais de experimentação incluem:

Pré-treino: etapa de modelagem comportamental necessária para que os animais aprendam a sequência comportamental da tarefa (apresentada anteriormente).

Treino e Teste: Após completado o pré-treino, os ratos passaram a fazer sessões intercaladas de treino e de teste (explicadas a diante).

Inversão: Ao fim da etapa de treino e teste, os animais são avaliados em um esquema de preditividade diferente daquele em que foram testados, isto é, os grupos preditivos (CP e PP) são submetidos a um esquema não preditivo (CNP e PNP, respectivamente) e os grupos não preditivos (CNP e PNP) submetidos a um esquema preditivo (CP e PP respectivamente). Isto visa avaliar se o histórico de treinamento prévio dos animais interfere no surgimento do efeito de validade.

3.3.3.1 Pré-treino

Inicialmente fez-se uma etapa de modelagem comportamental com o objetivo de ensinar aos animais a executar a sequência comportamental da tarefa. Parte majoritária dela (exceto etapas 1 a 3) foi feita de forma automática, controlada pelo Arduino, o que evitou interferência da subjetividade do experimentador. As etapas seguidas estão descritas a seguir[3].

1. Os animais foram colocados nas caixas experimentais em grupos de 2 ou 3 para que explorassem o ambiente durante uma sessão única de 30 minutos. Neste tempo, foi liberado manualmente o reforço, de forma contínua, a cada 3 segundos, e a *houselight* estava

[3] Cada animal apresentou um ritmo de aprendizado diferente, cumprindo as diferentes etapas em diferentes momentos, todavia buscou-se informar o tempo médio levado para cumprir cada etapa.

sempre ligada. Esta foi a única etapa na qual mais de um rato por vez foi inserido na caixa e serviu para que os animais relacionassem o ambiente da caixa com o recebimento da solução de sacarose.

2. O objetivo desta etapa foi associar o focinhamento dos buracos com o recebimento do reforço. Foi colocado um animal por vez nas caixas, por sessões com duração máxima de 30 minutos. O focinhador ficava com todos os buracos acesos e, se qualquer deles fosse focinhado, o reforço era liberado automaticamente pelo Arduino. A *houselight* ficava sempre ligada.

O experimentador, inicialmente, liberava manualmente o reforço sempre que o animal se aproximava da região do bebedouro. Se o rato bebesse a solução de sacarose, após 3 segundos (s), ele liberava a solução novamente, assim repetidamente. Denomina-se este intervalo entre a liberação, pelo experimentador, de um reforço e o seguinte de **intervalo máximo entre os reforços (IMER)**. O experimentador ia contando a quantidade de vezes que o animal tomava a solução e, sempre que o animal consumisse a solução 10 vezes, aumentava o IMER em 1 s, até um máximo de 10 s. Em qualquer momento, caso o rato parasse de consumir o reforço, a liberação era interrompida até sua aproximação novamente, sendo que o IMER mantinha-se inalterado e a contagem dos consumos da solução recomeçava. Em qualquer momento, se o animal levantasse o focinho em direção ao focinhador, o reforço era liberado prontamente, o IMER não era modificado, mas começava-se a contar de novo a partir do zero.

Quando o sujeito experimental levantasse o focinho mais de 25 vezes seguidas antes do tempo IMER, não mais se liberava o reforço manualmente segundo este intervalo, mas somente quando o animal levantasse o focinho. A cada 3 vezes que o animal levantava o focinho, o experimentador deixava de dar o reforço uma vez. Nesta tentativa sem reforço, os sujeitos tendiam a aproximar mais o focinho do buraco. Eventualmente, os animais passavam a focinhar os buracos por conta própria e sempre que o faziam o reforço era liberado automaticamente pelo Arduino. Quando alcançavam esse nível, o experimentador deixava o rato fazer pelo menos 100 tentativas sem liberar a solução manualmente, mesmo que ultrapassassem os 30 minutos predeterminados para cada sessão. Nenhuma sessão excedeu 40 minutos.

Na sessão seguinte a que o rato começasse a focinhar os buracos, era executada uma sessão nas mesmas condições – três buracos acesos, caso inserissem o focinho em qualquer um o reforço era liberado, porém sem interferência do experimentador. Quando os animais

fossem capazes de obter reforço mais 200 vezes durante os 30 minutos, passavam para a próxima etapa.

Eram necessárias, em média, duas sessões (três do início do pré-treino até aqui) para os animais alcançarem este patamar.

3. A função desta etapa era associar o focinhamento consecutivo de dois buracos iluminados – sendo o primeiro o central e o outro um dos dois laterais – com o recebimento da sacarose. As sessões tiveram duração de 30 minutos e a *houselight* estava sempre ligada. No início de cada tentativa apenas o buraco central era iluminado, quando o rato o focinhava, ele se apagava e um dos laterais, aleatoriamente, se acendia. Quando este último era focinhado, ocorria a liberação do reforço. Aqui ainda não havia SOA nem pista. Caso o animal focinhasse buracos com a luz apagada, nada acontecia.

O critério para que passassem de fase era que, em duas sessões seguidas demonstrassem comportamento de focinhar preferencialmente o buraco com a luz. Isto era avaliado com a observação, pelo experimentador, de 10 tentativas entre os 14 – 16 minutos de sessão. Cada tentativa em que o animal focinhasse ao menos uma vez um buraco apagado era contada como erro. As tentativas em que o animal só focinhasse buracos iluminados, era contada como acerto. Era considerado que o animal apresentava esse comportamento quando acertasse 70% ou mais destas tentativas observadas.

Foram necessárias, em média, cinco sessões (oito do início do pré-treino até aqui) para serem promovidos à próxima etapa.

4. Esta etapa tinha dois objetivos: (1) inserir as pistas auditivas na tarefa; e (2) introduzir o SOA, fazendo com que os animais aumentassem progressivamente o tempo de permanência no buraco central antes de focinhar o lateral (explicado adiante).

A sequência comportamental necessária para liberação do reforço era a mesma da fase anterior, porém eram reproduzidas as pistas auditivas no momento em que o rato focinhava o buraco central. A característica das pistas seguiram o planejamento para cada grupo experimental de cada animal. Foi incluído erro de comissão, assim, caso o fosse focinhado o buraco lateral incorreto, era computado um erro e era dado um *time-out* de 10 s. Além disso, foi introduzido o SOA que, inicialmente, era 100 ms, porém aumentava em 50 ms sempre que o animal acertasse 6 tentativas consecutivas, até um máximo de 1600 ms (100 ms a mais do que o máximo usado na fase de teste dos experimentos). Caso errasse, por comissão, por 3 tentativas seguidas, o SOA decrescia em 50 ms, até um mínimo de 50 ms. O buraco central ficava apagado durante o período do SOA. Caso o animal retirasse o focinho antes do tempo do SOA o buraco central reacendia e a tentativa recomeçava. Cada sessão iniciava com o

SOA com o qual o animal finalizou a sessão no dia anterior. O animal passava para a próxima fase quando alcançava o SOA de 1600 ms e fazia 3 sessões seguidas com acurácia maior que 75% neste SOA.

As sessões nesta etapa e nas próximas somente terminavam quando o animal completava 600 tentativas. É importante notar que quanto mais os animais errassem, maior seria o tempo de sessão, já que o *time-out* era maior (10 s) do que o ITI (2 s). A duração média da sessão nesta fase era de 1 hora e 10 minutos.

Vale notar que nos grupos preditivos (CP e PP), nesta e nas seguintes etapas – com exceção das sessões de teste (ver a seguir) – a frequência de tentativas válidas era 100%.

5. O objetivo principal desta etapa foi o de inserir a punição ao erro de antecipação. Caso o sujeito experimental rato retirasse o focinho antes do final do SOA, a tentativa não mais recomeçava como anteriormente, era computado erro e a caixa entrava em tempo de espera. O SOA era sempre 1500 ms e não aumentava e nem diminuía como anteriormente.

Também foi inserida a punição ao erro de omissão. Assim, o animal tinha 10 s para iniciar cada tentativa (colocar o focinho no buraco central), sendo que ao término deste tempo, caso não tivesse focinhado o buraco central, a tentativa se encerrava e era acionado o tempo de espera. Adicionalmente, foi limitada a duração de aparecimento do alvo para 300 ms, depois do qual o LED no buraco alvo se apagava, de modo que ele apenas piscava (nas fases anteriores o buraco alvo ficava acesso até o rato focinhá-lo). O animal acertava caso focinhasse o buraco lateral em até 1000 ms após o início do acendimento do alvo. Se respondesse após este tempo, computava-se um erro de omissão. O animal avançava para próxima fase quando apresentava acurácia maior que 75% em 3 sessões seguidas.

As duas últimas etapas juntas tomavam, aproximadamente, trinta e duas sessões para serem finalizadas (quarenta do início do pré-treino até aqui).

6. Esta última etapa estabelecia a tarefa em seus moldes finais e também ajustava a luminância da pista para o limiar de detecção de cada animal.

Os SOAs passaram a variar aleatoriamente entre 200, 400, 800 e 1200 ms (SOAs do primeiro experimento, ver abaixo). Adicionalmente, foi implementada a *Catch trial*, explicada anteriormente. Cada um dos quatro SOAs ocorria em 1/5 das tentativas e a *Catch trial* no 1/5 restante.

Inicialmente, os animais fizeram sessões nas quais o tempo de duração do alvo era 300 ms. Caso apresentassem acurácia maior que 75 % em uma sessão, esse tempo decrescia em 100 ms na sessão seguinte, assim consecutivamente. Quando os animais alcançaram 100 ms

de duração do alvo, passou-se a diminuir a luminância dos LEDs centrais e laterais. Até esta fase, a luminância medida na entrada dos buracos do focinhador era 25 lux. Quando o animal alcançava mais de 75 % de acurácia na sessão, a luminância da próxima era diminuída em 5 lux, até um mínimo de 5 lux; caso ainda fosse necessário reduzir a intensidade de luz, passava-se para 3 lux e, finalmente, para 2 lux, que era o mínimo possível segundo as limitações do aparelho experimental. Quando a diminuição da luminância acarretasse numa acurácia menor que 70% em duas sessões consecutivas a luminância utilizada na sessão anterior era identificada e utilizada nas fases de treino e teste subsequentes. Isso foi feito para dificultar a detecção do alvo, exigindo do animal máximo engajamento atencional para detectar os alvos. Esta fase durou uma média de vinte sessões (sessenta do início do pré-treino até aqui).

3.3.3.2 Mudanças no pré-treino

O pré-treino descrito não foi o mesmo para todos os animais. Num conjunto de 18 animais do primeiro lote foi aplicada uma versão anterior dele. Esta versão foi aprimorada e deu origem à exposta acima, a qual foi aplicada nos sujeitos experimentais restantes. As mudanças promovidas não requereram que os sujeitos experimentais mudassem a sequência comportamental para o teste, apenas eliminou etapas que pareciam estar prejudicando o aprendizado da tarefa.

A seguir são listadas as alterações promovidas.

- Mudança do ITI e do *time-out*. A função do primeiro é permitir ao rato beber a solução de sacarose antes do início da próxima tentativa. Já o segundo é uma espécie de punição por errar, impondo uma restrição de tempo para o início de uma nova tentativa, com intuito de manter alta a acurácia. Inicialmente os dois tempos tinham duração similar, ITI com 5 s e *time-out* de 1 a 9 s (a depender do momento em que o animal iniciasse a tentativa). Eles foram fixados em 2 s e 10 s respectivamente, para deixar mais claro o aspecto punitivo do *time-out*.
- Retirada da etapa “seguir a luz”. Inicialmente havia uma etapa, entre a 2 e 3 atuais, na qual qualquer dos buracos se acendia aleatoriamente ao longo das tentativas e o animal deveria focinha-lo para ganhar o reforço. Caso o animal focinhasse o buraco errado havia um *time-out* de 5 s. Percebeu-se que parte dos animais desistiam de fazer a tarefa neste estágio por causa deste *time-out*. Notamos, posteriormente, que os animais poderiam ser passados diretamente para a fase em que aprendem a focinhar o central e depois um dos

laterais para ganhar a sacarose, sem a inclusão de erros de qualquer natureza, não apresentando prejuízo da sequência comportamental requerida na fase de treino e teste.

- Alteração na etapa de detecção de limiar. No início, essa etapa foi conduzida com esquema de *probes*. Ao longo das sessões havia algumas tentativas com luminância abaixo das demais. Com base no desempenho do animal, determinava-se o limiar de cada animal. Porém, a estratégia resultou na necessidade de fazer ajustes adicionais na luminância posteriormente, que além de consumirem tempo, fizeram com que alguns ratos se desengajassem da tarefa. Assim, a detecção de limiar passou a ser feita com a diminuição gradual da luminância ao longo de várias sessões, como descrito na etapa 6 do pré-treino.

Após a implementação das mudanças, calculou-se que o tempo necessário para treinar os animais caiu para menos da metade. Com o protocolo antigo os animais demoraram 100 sessões para chegar na etapa da detecção de limiar e no aprimorado foram necessárias apenas 40 para atingir este ponto.

3.3.3.3 Treino e teste

Esta fase constituiu-se na apresentação de sessões de treino e teste. Nos grupos não preditivos (CNP e PNP) ambos tipos de sessão eram exatamente iguais, isto é, tinham 50% de tentativas válidas e 50% de inválidas. Por outro lado, para os grupos preditivos (CP e PP), as sessões de treino tinham 100% de tentativas válidas (similarmente ao pré-treino) e as de teste 80% validas e 20% inválidas. Cada sujeito experimental fazia, em geral, os dois tipos de sessão, de treino e de testes, de forma intercalada, seguindo-se o seguinte esquema. Primeiramente, fazia uma sessão de treino e, sempre que tivessem acurácia maior que 70%, executava uma sessão de teste no dia seguinte. Sempre após um teste, faziam uma sessão de treino no próximo dia. Porém, caso apresentassem menos de 70% de acurácia no treino, eram submetidos a treino novamente na próxima sessão. Isto foi feito para garantir máxima efetividade das pistas nas sessões de teste (Rosner e Mittleman, 1996), ampliando os efeitos atencionais.

Estas sessões ocorriam exatamente como descrito na sessão tarefa comportamental, com a luminância dos buracos do focinhador ajustada para o limiar de detecção de cada animal.

Após os animais fazerem ao menos 5 sessões de teste, o que ocorria com cerca de 16 sessões nesta fase de experimentação, os animais foram submetidos a outra fase experimental,

cuja descrição está fora do escopo deste trabalho. Ao final de todos os experimentos os animais foram sacrificados (metodologia de sacrifício “3.1 Sujeitos experimentais”).

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Apenas as 5 sessões de teste mais recentes com mais de 65% de acurácia de cada animal foram incluídas na análise de dados. Sessões de treino não foram analisadas pois, nelas, os grupos preditivos não tinham tentativas válidas e inválidas para serem comparadas.

Dos 40 animais iniciais, 26 alcançaram desempenho satisfatório para serem incluídos na análise estatística, 17 do primeiro lote e 9 do segundo.

Para cada variável das sessões de teste (ver sessão “3.3.1 Variáveis mensuradas”), com exceção da Acurácia em *Catch trials*, calculou-se uma mediana por sessão, considerando SOA e validade das tentativas. Para calcular a acurácia nas *Catch trials* a mediana da sessão não considera SOA – já que seu “SOA” é único, isto é, 1500 ms, nem validade, pois não foi apresentado qualquer alvo. Por fim é feita uma média desses valores para cada animal; são essas médias os valores submetidos à análise estatística propriamente dita.

Utilizou-se o software Microsoft Excel 2013 para organização dos dados brutos, SAS® 9.4 e Statistica® 7 para análise estatística e GraphPad Prism® 5.01 para plotagem dos gráficos.

Uma Análise de Variância para medidas repetidas (ANOVA) independente foi realizada para cada variável de cada experimento. Assim, **TR**, **TM** e **ACC,** e erros de **omissão**, **comissão**, **antecipação** e **antecipação após aparecimento do alvo** foram submetidos a uma ANOVA tendo “Validade” (tentativas válidas ou inválidas) e “SOA” (os diferentes SOAs utilizados) como fatores intrassujeito, e “Preditividade” (o grupo ser preditivo ou não-preditivo) e “Pista” (a pista usada no grupo ser central ou periférica) como fatores entressujeitos. Já as ANOVAs envolvendo o **efeito validade para tempo de reação** e o **efeito validade para acurácia** tiveram “SOA” como fator intrassujeito e “Preditividade” e “Pista” como fatores entressujeitos. Por fim, a ANOVA envolvendo a **acurácia nas *Catch trials*** teve “Preditividade” e “Pista” como fatores entressujeitos. Análises *post hoc*, quando necessárias, envolveram o teste de Duncan.

4 EXPERIMENTOS

Um dos objetivos dos 3 experimentos descritos a seguir foi avaliar o curso temporal da orientação da atenção utilizando diferentes conjuntos de SOAs.

Os mesmos animais foram empregados nos três experimentos, sendo que cada experimento envolveu um conjunto diferente de SOAs. Durante o pré-treino os ratos foram submetidos ao conjunto de SOAs utilizado no primeiro experimento (200, 400, 800 e 1200 ms). Quando entraram na fase de treino e teste, considerou-se que iniciaram o Experimento 1. Quando se obtinha quantidade de sessões suficiente para análise estatística, os animais passavam ao Experimento 2 cujos SOAs foram 100, 400, 800 e 1200 ms. Como já sabiam desempenhar a tarefa, já faziam sessões de treino e teste com o novo conjunto de SOAs. Novamente, quando alcançaram quantidade suficiente de sessões para estatística foram transferidos ao Experimento 3 cujos SOAs foram 50, 150, 300 e 600 ms. Mais uma vez faziam apenas treino e teste no novo conjunto de SOAs até atingirem o número desejado de sessões.

4.1 EXPERIMENTO 1 - SOAS 200, 400, 800 E 1200 MS

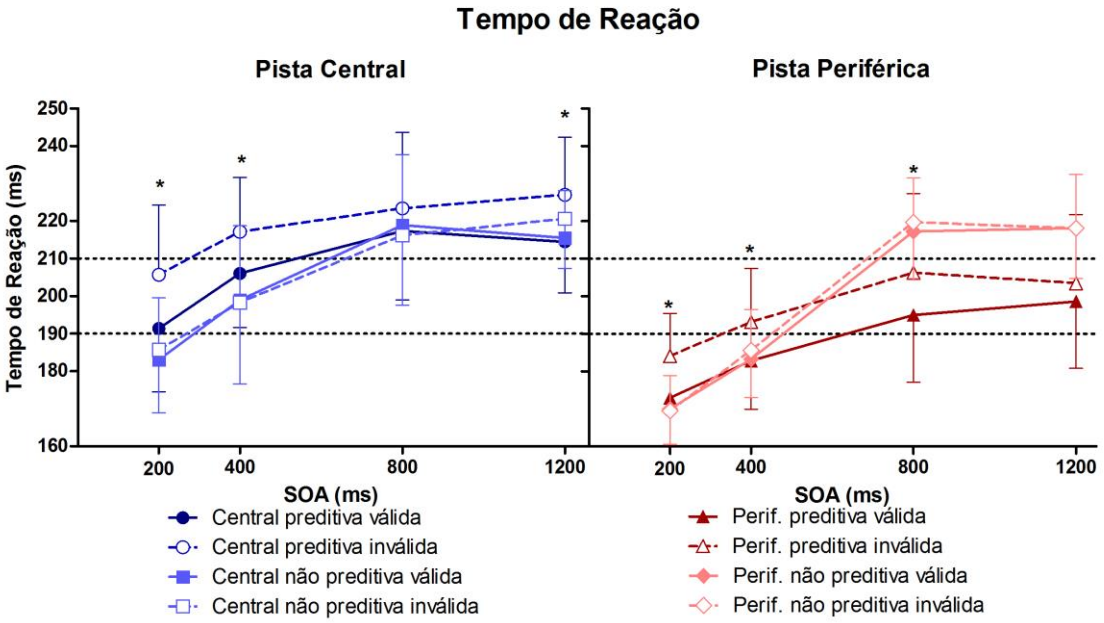
Todos os 40 animais incluídos neste estudo foram submetidos a esta condição experimental (25 do lote 1 e 15 do lote 2). Os grupos CNP e CP contaram cada qual com 5 sujeitos experimentais, o grupo PNP com 8 e o grupo PP com 6. É importante ressaltar que as pistas de três animais do grupo CP eram 5 kHz para a esquerda e 8kHz para a direita e de dois 8 kHz para a esquerda e 5kHz para a direita. Isto significa que, como comentado anteriormente, tal condição foi contrabalanceada.

Durante o período de pré-treino os animais desempenharam a tarefa com os SOAs 200, 400, 800 e 1200 ms (além da *Catch trial*). O Experimento 1 consistiu no treino e teste utilizando estes mesmos SOAs para avaliar o curso temporal da orientação da atenção. Vinte e quatro ratos exibiram desempenho satisfatório para terem seus resultados incluídos na análise estatística (15 animais do lote 1 e 9 do lote 2).

4.1.1 Resultados

Os resultados do Experimento 1 juntamente com suas análises estatísticas[4] estão descritas a seguir (Figura 4). O resumo dos efeitos dessas análises pode ser encontrado no "Apêndice A – Tabelas com resumo dos efeitos das análises estatísticas".

Figura 4 - Tempo de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em tentativas válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.



* indica diferenças significativas (p<,01) entre válidas e inválidas no *post hoc* na interação SOA x Validade x Pista (F(3,60) = 4,79, p=,0058).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA dos TRs revelou uma interação significativa entre Validade e Preditividade ($F_{(1,20)}$ = 32,46, p < ,0001), cuja análise *post hoc* indicou envolver diferença significativa entre tentativas válidas e inválidas no grupo preditivo (p<,0001), inexistente no grupo não preditivo. Consoante, a Figura 4 mostra que pistas preditivas geraram TRs mais curtos em tentativas válidas do que em tentativas inválidas, ao passo que tentativas válidas e inválidas em esquemas não preditivos tenderam a apresentar TRs similares que não diferiram significantemente. Isto ocasionou a geração de efeitos validade nos grupos preditivos (ver análise de efeito validade para TRs abaixo). Isto indica que os animais utilizaram as pistas

[4] Neste experimento as análises envolvendo SOA foram corrigidas pela correção de Grennhouse-Geisser quando épsilon foi <.75 e pela de Huynh-Feldt-Lecoutre quando épsilon foi >.75 (Girden, 1992), pois violaram a premissa de esfericidade pelo teste de esfericidade de Mauchly.

periféricas e centrais para orientar a atenção somente quando o esquema foi preditivo, possivelmente ignorando a informação espacial provida pela pista não-preditiva.

A ANOVA revelou ainda um efeito significante do fator SOA ($F(3,60) = 13,80$, $p=,0001$). De fato, a Figura 4 mostra um claro aumento geral do TR ao longo dos SOAs, independentemente de tipo de pista ou sua preditividade.

A ANOVA revelou também efeito significante do fator Validade ($F(1,20) = 49,31$, $p<,0001$) e da interação envolvendo SOA x Validade x Pista ($F(3,60) = 4,79$, $p=,0058$), indicando a existência de diferenças nos TRs dos animais expostos a pistas centrais ou periféricas, válidas e inválidas, que dependem do SOA. A análise *post hoc* mostrou a existência de marcada diferença de TRs nas tentativas válidas e inválidas envolvendo pistas centrais desde o SOA de 200 ms, a qual diminui no SOA 800 ms, deixando de ser significativa, e volta a aparecer no SOA 1200 ms. Parece haver uma tendência[5] a que as diferenças significativas entre válidas e inválidas no último SOA ocorram porque o TR nas tentativas inválidas continua aumentando do terceiro para o quarto SOA, ao passo que nas válidas ele tende ficar no mesmo nível. Pistas periféricas geram efeitos similares nos dois primeiros SOAs, porém, neste caso, a diferença entre válidas e inválidas somente diminui no SOA 1200 ms. Isto parece acontecer pois o TR das válidas continua aumentando do SOA 800 para o de 1200 ms, e o das válidas tende a ficar no mesmo nível.

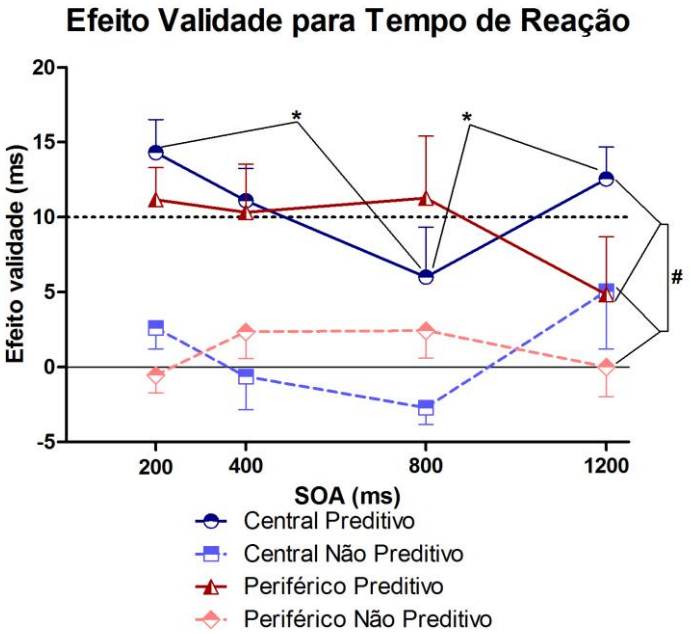
Nos esquemas não preditivos (com 50% válidas e 50% inválidas), a pista não tem valor preditivo espacial, representando uma espécie de condição controle, que permite avaliar, os benefícios causados pela pista válida, que seriam evidenciados por um menor TR comparado a condição com pista efetivamente preditiva, e também os prejuízos gerados pela pista inválida, os quais se refletiriam num aumento nos tempos de reação. De fato, a Figura 4 permite observar uma tendência no sentido de que o grupo exposto a pista central exiba maior prejuízo na condição com pista inválida do que benefício na condição com pista válida, pois as tentativas preditivas válidas tenderam a se igualar às não preditivas, enquanto que nas tentativas inválidas os TRs foram mais longos. Similarmente, os grupos com pista periférica exibiram, nos dois primeiros SOAs, uma tendência a apresentar prejuízo maior nas tentativas inválidas, do que um benefício nas tentativas válidas. Nos SOAs de 800 e 1200 ms os TRs em tentativas válidas e inválidas do grupo preditivo foram menores que os do grupo não

[5] Notar que ao longo do texto as expressões “tendência”, “inclinação” e similares são introduzidas para denotar efeitos observados visualmente nos dados que, porém, não foram revelados pela análise estatística. Considera-se que o comentário de tais efeitos, apesar de predominantemente especulativo, enriquece o arcabouço teórico-conceitual do trabalho e da ensejo a questões a serem avaliadas em experimentos posteriores.

preditivo, o que, apesar dos animais terem respondido mais rapidamente nas preditivas válidas, indica que ambas tentativas geraram benefícios, sendo o da válida maior do que da inválida.

Comparando-se os grupos submetidos a pistas periféricas e centrais é possível perceber uma tendência no sentido de que pistas periféricas desencadeiem TRs de 10 a 20 ms menores que pistas centrais. Enquanto os TRs a alvos precedidos por pistas periféricas iniciam-se por volta dos 170 ms e, no SOA de 1200 ms, encontram-se próximos de 220 ms, 210 ms se considerar somente o grupo preditivo, os TRs a alvos precedidos por pistas centrais começam aos 180 ms e terminam aos 230 ms. Considerando que os efeitos validade gerados na tarefa são da ordem de 10 ms (ver análise de efeito validade para TRs abaixo) tal diferença parece importante, apesar de não significativa. Isto pode sugerir que processos subjacentes distintos estão ocorrendo.

Figura 5 - Efeito validade para tempos de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em função do SOA, no Experimento 1

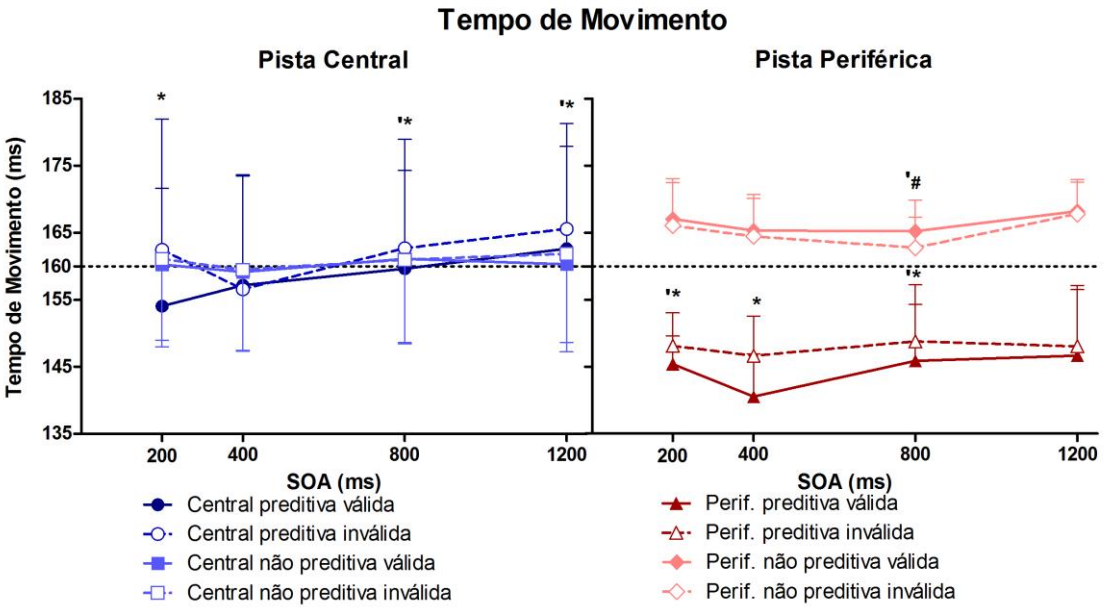


indica diferença significativa no efeito validade entre grupos preditivos e não preditivos (efeito principal de preditividade ($F(1,20) = 32,46$, $p<,0001$)).
* denota diferença significativa ($p<,05$) entre SOAs 200 e 1200 com o SOA 800, no grupo central preditivo, na análise *post hoc* da interação SOA x Pista ($F(3,60) = 4,79$, $p=,0058$).
Linhas tracejadas em preto foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA envolvendo o efeito validade para TRs mostrou que, consoante com os efeitos observados na análise de TR, pistas preditivas geraram marcado efeito validade, de cerca de 10 ms de amplitude, significativamente diferentes dos efeitos gerados por pistas não

preditivas. Isto é evidenciado pelo efeito principal de Preditividade (F(1,20) = 32,46, p<,0001), mostrado com um "#" na Figura 5. Este efeito validade foi revelado em SOAs diferentes, a depender do tipo de pista empregado, pois houve uma interação significativa entre SOA x Pista (F(3,60) = 4,79, p=,0058). A análise *post hoc* desta interação indica que no grupo central preditivo há uma queda no efeito validade no SOA 800 ms (indicado por asteriscos na Figura 5). Isto é corroborado pela ANOVA de TR (acima), que mostra, neste SOA específico, a inexistência de diferenças significantes entre TRs de tentativas válidas e inválidas. Similarmente, parece haver uma diminuição do efeito validade no SOA 1200 ms do grupo periférico preditivo, pois também seus TRs não apresentam diferença significativa nas tentativas válidas e inválidas (ver acima).

Figura 6 - Tempo de movimento dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.



* indica diferenças significativas entre válidas e inválidas nos respectivos grupos preditivos (p<,001) na análise *post hoc* da interação SOA x Validade x Preditividade x Pista.
'* indica diferenças quase significativas entre válidas e inválidas nos grupos preditivos (p>,05 e <,10) na análise *post hoc* da interação SOA x Validade x Preditividade x Pista.
'# indica diferença quase significativa entre válida e inválida do grupo não preditivo (p>,05 e <,10). na análise *post hoc* da interação SOA x Validade x Preditividade x Pista
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA envolvendo os TMs revelou interações significativas entre SOA x Validade x Pista (F(3,60) = 4,19, p=,0106) e SOA x Validade x Preditividade x Pista (F(3,60) = 3,41, p=,0254). Análises *post hoc* desta última interação mostram que os TMs em tentativas válidas e inválidas do grupo central não preditivo não diferem significantemente. Por outro

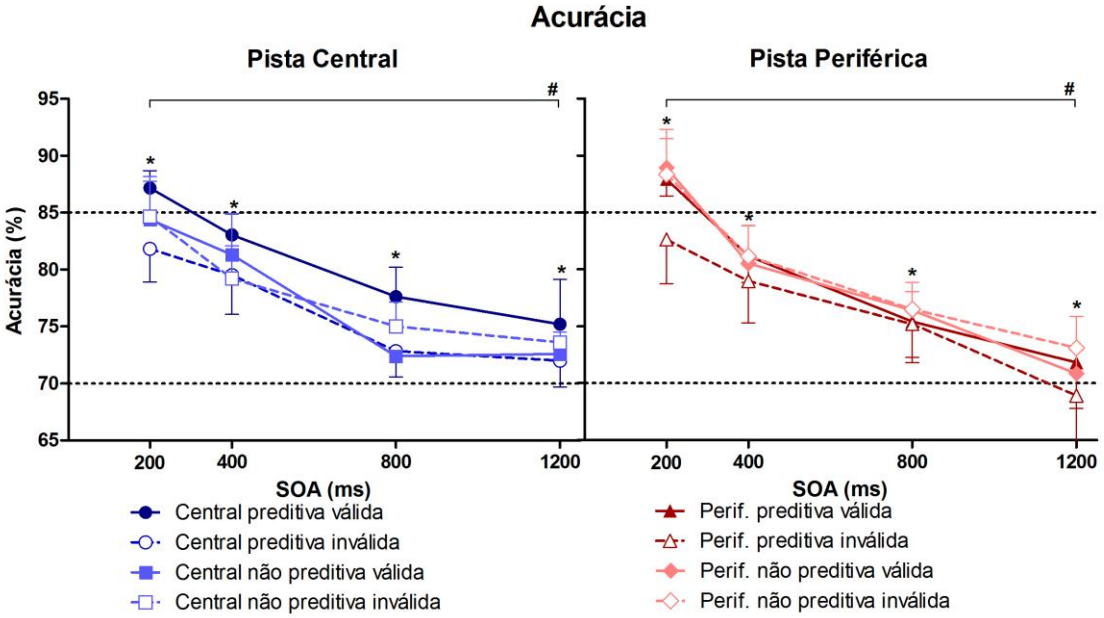
lado, o grupo central preditivo apresenta TMs significativamente menores nas tentativas válidas em relação a suas respectivas tentativas inválidas, no SOA 200 ms ($p < ,001$). Esse efeito parece se dissipar nos SOAs maiores (a diferença é quase significativa nos SOAs 800 e 1200 ms).

Similarmente a pistas centrais não preditivas, pistas periféricas não preditivas não geram diferenças significativas entre válidas e inválidas em qualquer dos SOAs utilizados, apesar de haver, na análise *post hoc*, um efeito quase significativo no SOA 800 ms (Figura 6). Diferentemente, pistas periféricas preditivas tenderam a gerar TMs globalmente mais baixos do que o dos outros grupos, porém essa diferença não se revelou significativa no teste *post hoc*. Estas pistas geraram maior benefício nas tentativas válidas no SOA 400 ms, no qual a diferença foi significativa em relação as tentativas inválidas ($p < ,001$). Este benefício pareceu ser menor nos SOAs vizinhos (200 e 800 ms), nos quais a diferença foi quase significativa.

A Figura 7 mostra uma diminuição da acurácia da resposta em todos os grupos em função do aumento do SOA. De fato, a ANOVA revelou um efeito significante de SOA ($F(3,60) = 31,67$, $p<,0001$) (mostrado como um "#" na figura). A análise *post hoc* mostra que a acurácia da resposta em cada SOA é significativamente diferente dos demais (comparações com p no mínimo $<,05$). A análise também mostrou que a acurácia na tentativas válidas e inválidas foi significativamente diferente a depender da preditividade dos grupos, evidenciado pelo efeito principal de Validade ($F(1,20) = 9,96$, $p=,0050$) e, principalmente, Validade x Preditividade ($F(1,20) = 18,24$, $p=,0004$). Observa-se maior acurácia nas tentativas válidas em comparação com as inválidas nos grupos preditivos, ao passo que nos grupos não preditivos os dois tipos de tentativa geram a mesma acurácia ("*" na Figura 7).

Os resultados ilustrados na Figura 7 indicam que há prejuízos na acurácia da resposta associados a tentativas inválidas e benefícios nas tentativas válidas, que variam segundo o tipo de pista empregado. Pistas centrais preditivas válidas geraram acurácias maiores em relação a pistas correspondentes não preditivas, indicando benefício do desempenho quando a atenção é orientada corretamente para o futuro local de aparecimento do alvo. Em contraposição, há maior prejuízo de desempenho quando da orientação da atenção para um local distinto daquele em que o alvo é apresentado (como é o caso na tentativa inválida).

Figura 7 - Acurácia dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.

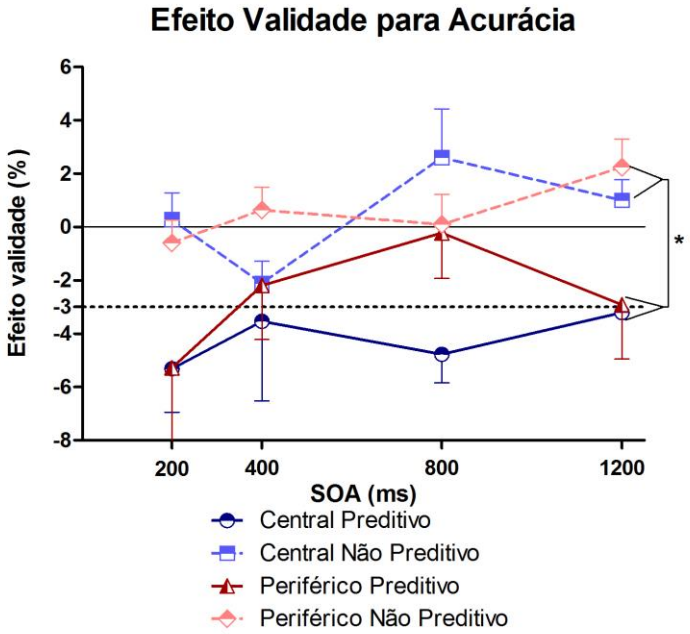


indica efeito principal de SOA (F(3,60) = 31,67, p<,0001), no qual cada SOA é significativamente diferente dos outros, segundo a análise *post hoc* (em todos p<,05).
* indica que válidas e inválidas nos grupos preditivos são significativamente diferentes, enquanto nos grupos não preditivos não há essa diferença (interação Validade x Preditividade (F(1,20) = 18,24, p=,0004)).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Em relação às tentativas com pistas periféricas parece haver maior prejuízo na acurácia quando as pistas são preditivas e inválidas, em relação aos outros tipos de tentativas. Diferente das pistas centrais, aqui parece haver um maior prejuízo de acurácia quando a atenção é orientada para pistas inválidas do que um benefício quando a atenção é orientada para as válidas.

Em suma, parece haver uma tendência no sentido de que animais submetidos a esquemas preditivos centrais se beneficiam de pistas válidas, exibindo maior quantidade de respostas corretas, ao passo que animais submetidos a esquemas preditivos periféricos exibem prejuízo quando expostos a tentativas inválidas, exibindo menor quantidade de respostas corretas. Provavelmente, o fato de que os estímulos alvo estavam próximos do limiar de detecção de cada animal contribuiu para a obtenção de tais resultados. Esta observação corrobora evidências descritas acima indicando a existência de diferenças na preparação das respostas ao alvo quando do uso de pistas centrais ou periféricas.

Figura 8 - Efeito validade para acurácia dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em função do SOA, no Experimento 1.

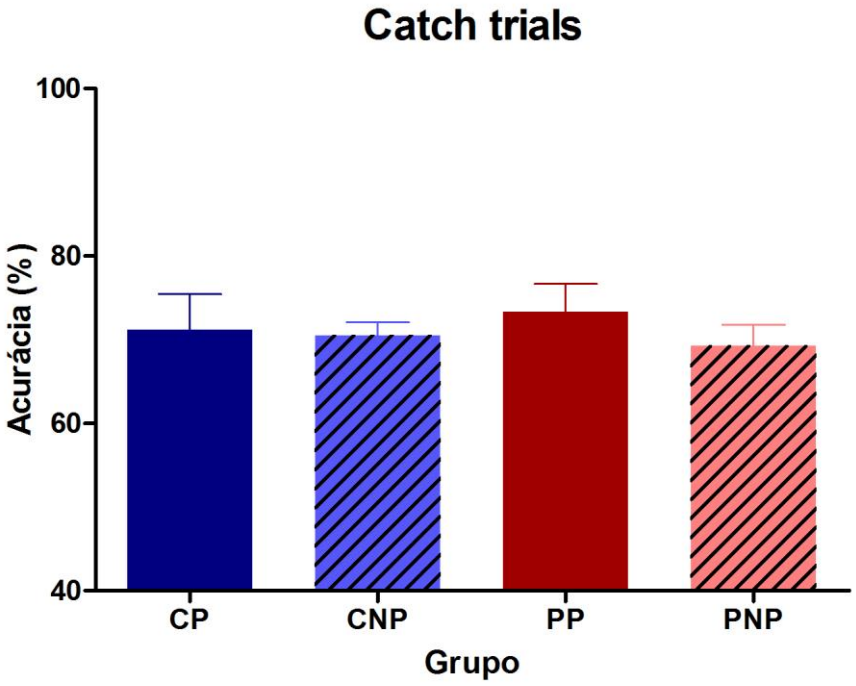


* denota efeito principal de Preditividade (F(1,20) = 18,24, p=,0004), o qual indica efeitos validade mais negativos para grupos preditivos, em comparação com os não preditivos.
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA para efeito validade para ACC revelou efeito principal de Preditividade (F(1,20) = 18,24, p=,0004). Como se pode ver na Figura 8, este efeito é gerado por que os grupos preditivos geram, em média, efeitos mais negativos que os grupos não preditivos (denotado pelo "*"). Efeitos negativos indicam que a ACC nas válidas é maior que nas inválidas, pois o efeito validade para acurácia é calculado como acurácia nas inválidas menos a acurácia nas válidas. Os resultados da interação Validade e Preditividade da ANOVA da ACC corroboram tais resultados, visto que de fato nas tentativas válidas a acurácia é maior que nas inválidas nos grupos preditivos (Figura 7). É importante ressaltar que diferentemente dos dados do efeito validade para tempos de reação, na interpretação do efeito de validade para acurácia, efeitos de validade negativos indicam um benefício ao orientar para pistas válidas quando comparado com as inválidas.

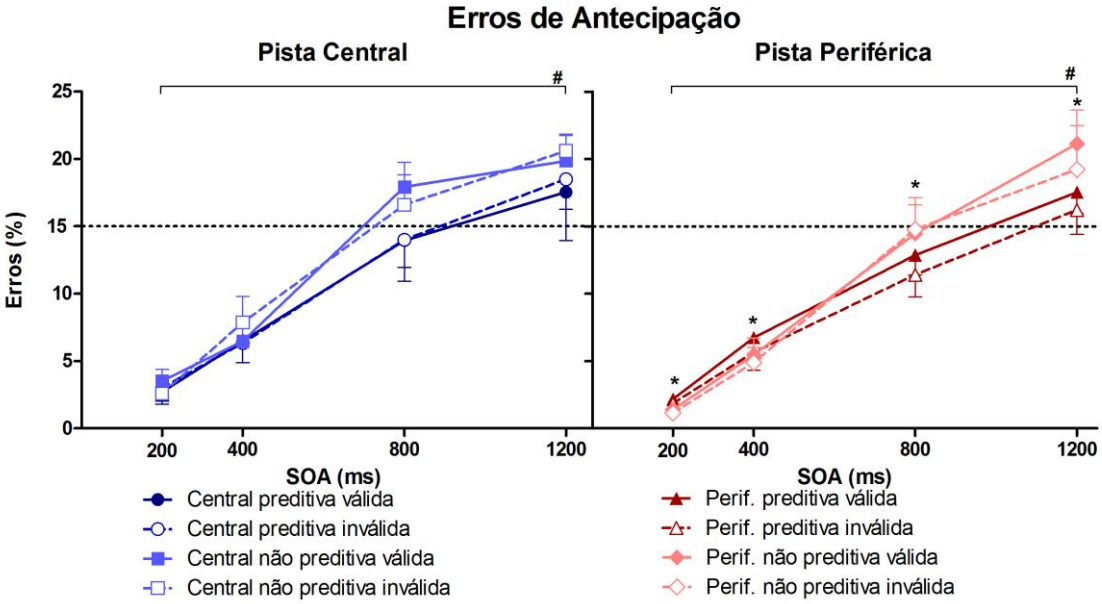
Os resultados para acurácia nas *cacht trials* está na Figura 9.A média da acurácia nas *Catch trials* envolvendo todos os grupos foi 71,06 %. A ANOVA mostrou que não há efeitos de pista ou preditividade sobre a acurácia nas *Catch trials*, revelando que não houve diferenças significativas entre os grupos para esta variável resposta. Isto possivelmente indica que a implementação das *Catch trials* reduziu a probabilidade que os sujeitos experimentais antecipem suas respostas igualmente em todos os grupos.

Figura 9 - Acurácia nas *Catch trials* por grupo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, no Experimento 1.



Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Figura 10 - Percentagem de erros de antecipação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.



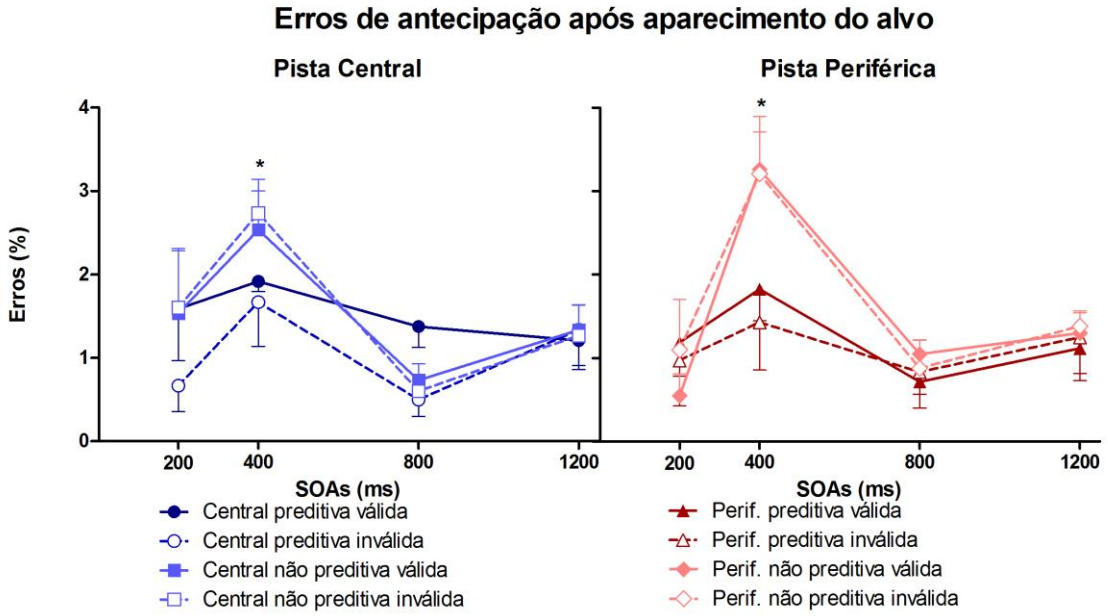
denota efeito principal de SOA (F(3,60) = 177,26 ,p = <,0001), no qual cada SOA é significativamente diferente dos outros, segundo o *post hoc* (em todos p<,001).
* indica diferença significativa (p=,0026) entre válidas e inválidas no grupo periférico preditivo na análise *post hoc* da interação Validade x Pista (F(1,20) = 8,41 ,p = 0,0088).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Congruente com os achados de acurácia, os erros de antecipação (Figura 10) aumentam significantemente ao longo dos SOAs (efeito principal de SOA, F(3,60) = 177,26, p <,0001).

Adicionalmente, estes parecem ter sido os erros mais comuns, como se pode deduzir a partir da comparação da Figura 10 e Figura 11. Assim, os erros de antecipação foram os principais responsáveis pela degradação da acurácia ao longo dos SOAs.

A quantidade de erros de antecipação nas tentativas válidas e inválidas envolvendo pistas periféricas é significativamente diferente, ao passo que o mesmo não ocorre quando são empregadas pistas centrais (Figura 11) (ANOVA, efeito significante na interação entre Validade e Pista, (F(1,20) = 8,41, p = 0,0088). De fato, o teste *post hoc* também detectou essa diferença (p=,0026). Tal resultado é comentado e analisado mais profundamente na discussão, com o subsídio de outros resultados que ajudam a fazer sentido dele.

Figura 11 - Percentagem de erros de antecipação após o aparecimento do alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.

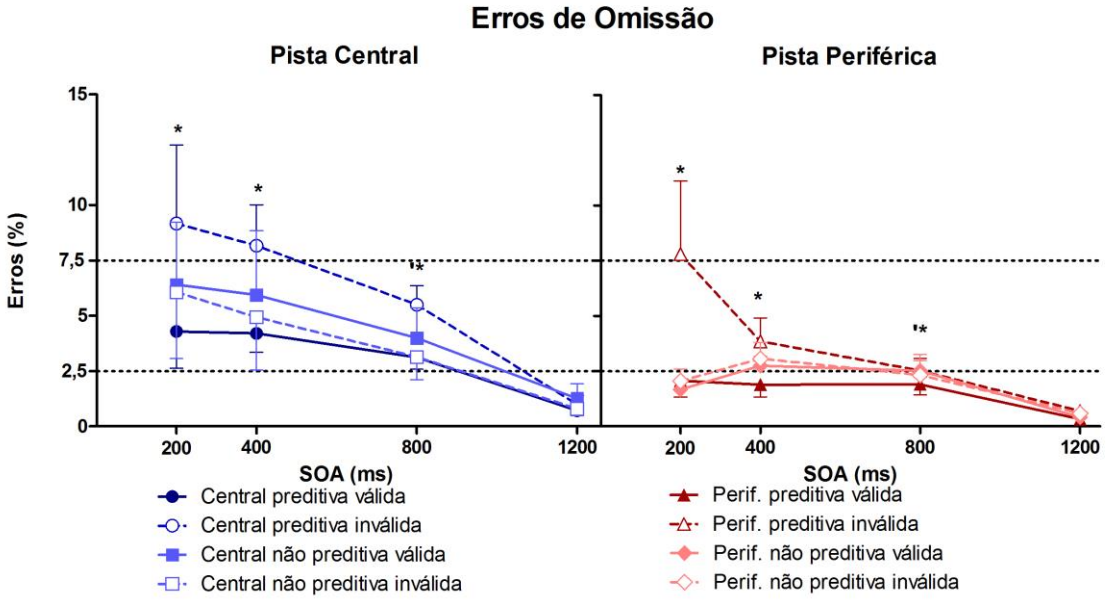


* denota diferenças entre grupos preditivos e não preditivos. Estes últimos apresentaram um ponto mais alto significativamente diferente de todos os demais (em todas comparações p<,05) na percentagem de erros no SOA de 400 ms no *post hoc* da interação SOA x Preditividade (F(3,60) = 3,47 ,p = 0,0273).
Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A análise dos erros de antecipação após aparecimento do alvo resultou em interação entre SOA e Preditividade (F(3,60) = 3,47, p = 0,0273) e efeito principal de SOA (F(3,60) = 16,49, p = <,0001). A inspeção da Figura 11 revela que grupos não preditivos apresentaram um

pico na percentagem de erros (denotado com um “*”) no SOA de 400 ms, o que não ocorreu nos grupos preditivos.

Figura 12 - Percentagem de erros de omissão ao alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.



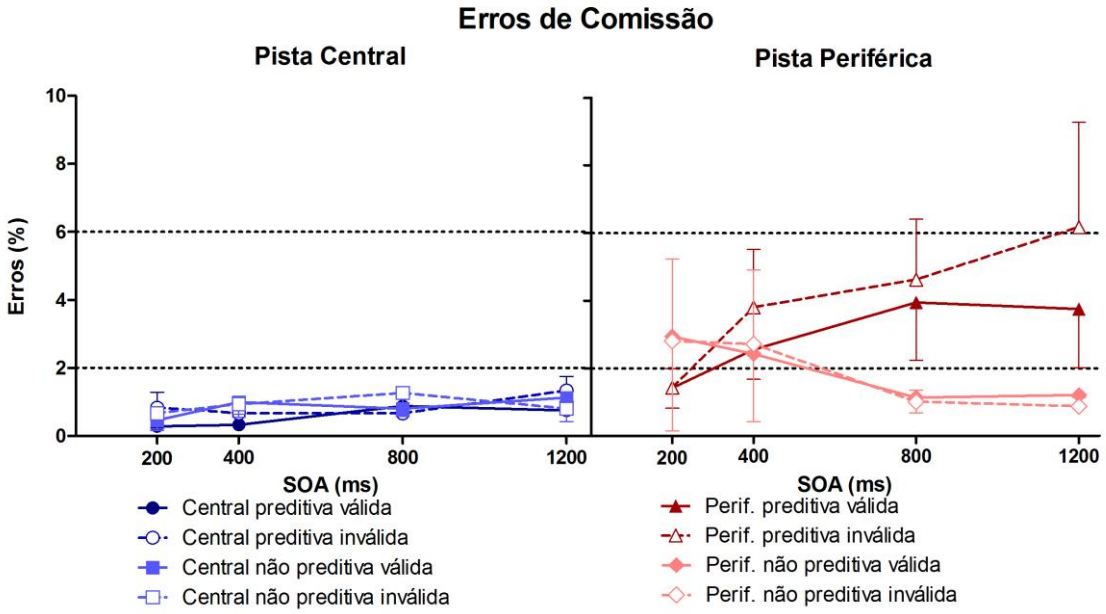
* indica diferenças significativas entre válidas e inválidas dos grupos preditivos (p<,001) no *post hoc* da interação SOA x Validade x Preditividade (F(3,60) = 5,44 ,p = 0,0096).
'* denota diferenças quase significativas entre válidas e inválidas dos grupos preditivos (p=,0505) no *post hoc* desta mesma interação.
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA envolvendo erros de omissão revelou efeitos principais de SOA (F(3,60) = 14,83, p = <,0001), Validade (F(1,20) = 12,36, p = 0,0022) e interações significativas entre Validade x Preditividade (F(1,20) = 18,42, p = 0,0004), SOA x Validade (F(3,60) = 6,81, p = 0,0036), e SOA x Validade x Preditividade (F(3,60) = 5,44, p = 0,0096). De fato, como ilustra a Figura 12, os animais dos grupos não preditivos exibiram a mesma quantidade de erros em tentativas válidas e inválidas em todos os SOAs. Em contraste, nos grupos preditivos, como esperado, os animais exibiram maior quantidade de erros nas tentativas inválidas nos SOAs 200 e 400 e, possivelmente, 800 ms, em relação as tentativas válidas (Figura 11, ver “*” ou “'*”). O teste *post hoc* da interação entre SOA x Validade x Preditividade revelou diferença significativa nos SOAs 200 e 400 ms (p<,001) e quase significativa no SOA 800 ms (p=,0505), corroborando essas observações.

Esse resultado indica que a orientação da atenção para um local distinto daquele em que o alvo é apresentado (isto é, por meio de uma pista inválida), gera dificuldades para

detectá-lo – principalmente considerando que os estímulos alvo estavam próximos do limiar de detecção – aumentando assim a quantidade de erros de omissão. Em contraposição, a orientação da atenção para o local onde o alvo é apresentado (isto é, por meio de uma pista válida), favorece sua detecção, reduzindo a quantidade de erros de omissão. Esse resultado é significante quando o alvo sucede a pista em até 400 ms e quase significante quando em 800 ms. Além disto, quanto maior o SOA, menor foi a quantidade de erros deste tipo, o que indicaria que a detecção do alvo é mais fácil em tentativas válidas e inválidas com o aumento do SOA.

Figura 13 - Percentagem de erros de comissão dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 1.



Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Adicionalmente, houve um efeito principal de Pista ($F(1,20) = 4,98$, $p = 0,0373$), indicando, conforme mostra a Figura 12, maior percentagem de erros de omissão animais expostos a pistas centrais em relação aos expostos a pistas periféricas.

A ANOVA envolvendo erros de comissão (Figura 13) revelou ausência de efeitos significativos principais ou nas interações entre os fatores. Houve apenas um efeito marginalmente significativo em relação a Pista ($F_{(1,20)} = 3,01$, $p = 0,0979$), sugerindo a ocorrência de maior quantidade de erros nos animais expostos a pistas periféricas. A Figura 13 também sugere que esse efeito foi particularmente marcante em relação a pistas preditivas, cuja quantidade aumenta em função do SOA, o contrário sendo observado em relação as

pistas periféricas não preditivas (Figura 13), cuja quantidade diminui em função do SOA. Ademais, no caso das tentativas periféricas preditivas, a Figura 13 sugere uma tendência à diferença entre erros de comissão nas tentativas válidas e inválidas.

4.1.2 Discussão

Em resumo, nossos resultados demonstraram que animais dos grupos preditivos periférico e central apresentam TR significativamente menores em tentativas válidas do que em inválidas e que nos grupos central e periférico não preditivos não há diferença no TR destes dois tipos de tentativas (Figura 4). Por conseguinte, demonstramos marcado efeito validade positivo nos grupos PP e CP, significativamente diferente do efeito validade dos grupos PNP e CNP, os quais ficaram próximo a zero (Figura 5).

Demonstramos que há diferenças significativas entre o TM de tentativas válidas e inválidas no SOA de 200 ms no grupo CP e no SOA de 400 ms no grupo PP. Além disso, houve uma tendência a que o grupo PP apresentasse TMs globalmente menores que os demais grupos (Figura 6).

Na análise de ACC revelamos que os animais dos grupos preditivos tiveram percentagens de acerto significativamente mais altas nas tentativas válidas do que nas tentativas inválidas, ao passo que nos grupos não preditivos não houve diferenças estatisticamente significantes entre a percentagem de acerto em tentativas válidas e inválidas (Figura 7). A percentagem de acertos nas *Catch trials* não mostrou variar significativamente entre os grupos (Figura 9).

Revelamos que o tipo de erro mais numeroso é o erro de antecipação e que ele aumenta significativamente com o aumento o SOA, inversamente à acurácia, que decai com o aumento do SOA (Figura 10). Demonstramos que a percentagem de erro de omissão diminui com o aumento do SOA e que ele é cometido em maior proporção pelo grupo central preditivo (Figura 12). Por fim, não encontramos interações ou efeitos significativos na análise dos erros de comissão (Figura 13).

Os resultados do presente conjunto de experimentos mostram que pistas sonoras centrais (frequência do som) e periféricas (localização da fonte sonora) possibilitam a orientação da atenção visioespacial em ratos, quando apresentadas em esquema preditivo, reduzindo os tempos de reação nas tentativas válidas em relação às inválidas, originando assim robustos efeitos de validade positivo.

Esta é a primeira descrição de que temos notícia da efetividade do uso pistas simbólicas da modalidade auditiva (frequência do som) para induzir a orientação da atenção de roedores para alvos visioespaciais.

Em estudos prévios envolvendo tarefa similar (Marote & Xavier, 2011; Philipps et al, 2000; Rosner & Mittleman, 1996; Wagner et al, 2014; Ward & Brown, 1997; Weese et al, 1999), os animais foram expostos a pistas e alvos visuais, e se utilizaram da informação espacial da pista para orientar a atenção ao local de aparecimento do alvo. Esses estudos mostraram que pistas visuais preditivas geram efeitos de validade. Porém, pistas visuais não preditivas também geram efeitos de validade, levando a dúvidas sobre a origem dessa orientação da atenção.

Marote e Xavier (2011) mostraram diferenças no curso temporal da orientação da atenção por pistas periféricas visuais preditivas, em relação a pistas periféricas visuais não preditivas. Embora ambas gerem efeitos de validade em SOAs de até 400 ms, provavelmente em decorrência do fato de serem pistas periféricas de mesma modalidade em relação ao alvo, apenas as pistas preditivas geraram efeitos de validade em SOA de 800 ms, levando a sugestão de que neste caso estaria ocorrendo orientação endógena da atenção visioespacial. Ressalte-se, porém, que pelo menos nos SOAs até 400 ms os efeitos de validade para pistas preditivas e não preditivas se sobrepõem em decorrência das pistas serem periféricas e de haver efeito de validade que independe da preditividade para pistas periféricas.

No presente conjunto de experimentos essa sobreposição foi eliminada por meio do emprego de pistas de modalidade sensorial diferente em relação aos alvos. Isso possibilitou separar claramente o caráter simbólico das pistas centrais do caráter localizado das pistas periféricas, e também distinguir esses fatores de sua preditividade. Em outras palavras, ao utilizar pistas centrais de natureza efetivamente simbólica, foi possível avaliar o curso temporal da orientação atenção com tais pistas e compará-la com a orientação da atenção por meio de pistas periféricas equivalentes, portanto comparáveis.

Assim, o presente estudo representa um significativo avanço em relação ao estudo de Marote e Xavier (2011). A demonstração da ocorrência de efeito de validade para pistas centrais (ou simbólicas) e periféricas, desde que preditivas, indica que os animais são capazes de orientar a atenção endogenamente, um achado inédito na literatura. Estes resultados mostram que ratos são capazes utilizar pistas auditivas para orientar a atenção visioespacial numa tarefa análoga à de Posner (1980) para humanos.

O efeito validade encontrado em ambos grupos expostos a pistas preditivas teve amplitude de cerca de 10 ms (média dos efeitos validade dos grupos preditivos). Este valor é

menor do que o usualmente encontrado na literatura para ratos, entre 30 e 100 ms (Marote & Xavier, 2011; Philipps et al, 2000; Rosner & Mittleman, 1996; Wagner et al, 2014; Ward & Brown, 1997; Weese et al, 1999), o que pode estar relacionado ao uso de pistas auditivas. É possível que o uso de pistas de modalidades sensoriais diferentes em relação aos alvos gere um menor efeito validade quando comparado a estímulos de mesma modalidade (possivelmente devido a uma menor influência da ativação atencional entre as modalidades, em comparação com quando a mesma modalidade é utilizada). Mais estudos seriam necessários para avaliar essas hipóteses.

Poder-se-ía argumentar que os alvos utilizados são excessivamente fáceis de detectar e que isso pode ter diminuído os efeitos atencionais observados (já que o engajamento atencional tende a aumentar quando os alvos são de difícil detecção). Todavia, a luminância dos alvos foi ajustada para valores pouco acima do limiar de detecção de cada animal, aumentando a dificuldade da detecção, o que diminui a validade deste argumento.

A análise estatística mostra que não houve efeito validade nas tentativas envolvendo pistas centrais e SOA de 800 ms, e nas tentativas envolvendo pistas periféricas e SOA de 1200 ms. Conjuminar esses resultados específicos de ausência do efeito de validade com os demais em que houve efeito de validade não parece uma tarefa simples.

É tentador conjecturar, uma primeira hipótese, que esse efeito possa estar relacionado com IOR, isto é, em tais SOAs haveria um custo na detecção de alvos apresentados após pistas válidas. Contudo, no presente experimento houve diminuição do efeito validade e não sua negativação, como ocorre nos estudos em que a IOR se manifesta, o que desfavorece tal hipótese. Além disso, estudos da literatura em humanos mostram que o pico da expressão da IOR ocorre ao redor de 300 a 400 ms após a apresentação da pista (Posner & Cohen, 1984), diferindo do curso temporal observado no presente estudo em ratos. Ademais, a ocorrência de IOR está relacionada principalmente ao uso de pistas não preditivas (Chica et al, 2014; Martín-Arévalo et al, 2013). De fato, a IOR ocorreria no uso de pistas preditivas, porém o engajamento da atenção endógena nestes casos criaria um efeito que sobrepujaria essa inibição a qual, de outra forma, levaria a um efeito de validade negativo (Chica et al, 2014). Frente a tais fatos esta primeira hipótese encontra dificuldades em ser validada.

Entretanto, estudos de Potenciais Relacionados a Eventos (ERP) de Chica e Lupiáñez (2009) mostram que apesar da orientação endógena da atenção de fato reduzir parcialmente a expressão eletrofisiológica da IOR – o suficiente para inibir a expressão comportamental da IOR – ela não é capaz de eliminá-la totalmente. Somado a isto, existem evidências de que humanos tendem a diminuir o efeito de facilitação e de IOR, inclusive extinguindo-os, em

decorrência de treinamento repetitivo (Lupiáñez, Weaver, Tipper & Madrid, 2001; Weaver, Lupiáñez, & Watson, 1998), o qual foi prolongado no presente conjunto de experimentos.

Se essas observações envolvendo seres humanos são aplicáveis a ratos, pode-se supor que o treino repetitivo dos animais pode ter reduzido a facilitação promovida pela orientação endógena naqueles SOAs, permitindo a expressão da IOR, a qual também estaria enfraquecida pelo treino repetitivo. Esta seria uma possível explicação para porquê nós observamos uma queda inesperada no efeito validade, sem que o efeito ficasse negativo, naqueles SOAs específicos.

Restaria entender, contudo, a razão pela qual tal queda aconteceu especificamente no SOA de 800 ms no grupo CP e 1200 ms no grupo PP. É possível que tal diferença ocorra pois no grupo CP ocorreria uma orientação endógena da atenção, ao passo que no grupo PP haveria somação das orientações exógena e endógena. Essa somação das orientações endógena e exógena neste último caso o primeiro caso propiciaria que o custo para a detecção de alvos no local indicado pela pista (IOR) fosse retardado em comparação com um cenário no qual haveria somente orientação endógena, como no grupo CP.

Em paralelo com outros estudos envolvendo ratos, alguns parecem ter observado a mesma queda inesperada que demonstramos em determinados SOAs, de forma que a nossa observação tem precedentes em outros trabalhos (ver Ward & Brown, 1996; Ward et al, 1998; Rosner & Mittleman, 1996). É possível que a razão pela qual esta queda inesperada aconteceu nestes outros estudos seja a mesma pela qual nós a observamos no atual estudo. No entanto, é importante ter em mente que esses estudos utilizaram pistas de natureza distinta em relação às utilizadas no nosso estudo, tanto em termos de modalidade sensorial, quanto ao de tipo de pista (central ou periférico), o que impõe cautela ao se fazer essas comparações. É possível que esses efeitos tenham naturezas diferentes nos distintos trabalhos, o que requer mais experimentação para formularmos um quadro confiável.

Os resultados do presente conjunto de experimentos mostraram que não houve efeitos de validade para TR nos grupos expostos a pistas centrais ou periféricas não preditivas (PNP e CNP).

Para grupos expostos a pistas centrais este é um efeito esperado pois como a pista por si só não indica lado cuja probabilidade de apresentação do alvo é maior, os sujeitos experimentais não têm motivação para orientar a atenção baseados na pista (Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002).

Diferentemente, pistas periféricas não preditivas geralmente geram um efeito bifásico em estudos envolvendo seres humanos. Em SOAs curtos esse tipo de pistas capta a atenção

exogenamente de forma rápida e automática, originando efeitos de validade positivos. Com o aumento do SOA ocorre IOR, de modo que o sujeito passa a responder mais rapidamente nas tentativas inválidas em relação as válidas. Isto ocorre tanto em condições experimentais em que a pista e o alvo são de uma mesma modalidade sensorial, tanto em situações em que são de modalidades diferentes (ver Spence et al, 2000).

Os resultados do Experimento 1 envolvendo a apresentação de pistas periféricas não preditivas (grupo PNP) não mostram (1) IOR em SOAs longos ou (2) um efeito validade em SOAs curtos.

Primeiramente, é necessário considerar que os estímulos análogos aos utilizados nesta tarefa por este grupo experimental geram IOR em humanos, isto é, o uso de pistas auditivas combinado com alvos visuais originou IOR em humanos (Spence et al, 2000), por isso esperava-se obter o efeito neste experimento. Todavia, considerando que outros estudos com ratos, mesmo usando pistas periféricas não preditivas, também não demonstraram IOR robustamente (Marote & Xavier, 2011; Philipps et al, 2000; Wagner et al, 2014; Weese et al, 1999), é tentador pensar que tal fenômeno não ocorra nestes animais com pistas periféricas não preditivas. Contudo, Klein (2000) defendeu que, alternativamente à hipótese que não ocorre IOR em determinado experimento, é necessário considerar que a inibição pode estar presente, mas "invisível" no desempenho da tarefa – no caso de seus efeitos estarem sendo obscurecidos por outros processos – ou mesmo que as condições da tarefa não foram suficientes para gerar a IOR. Neste sentido Wagner e colaboradores (2014) apontaram que o fato de o animal fazer o experimento privado de alimento e ser submetido a dezenas de sessões de treino antes de serem testados de fato podem alterar a motivação do animal e mascarar a IOR. Isto não ocorreria em humanos, pois estes estudos não envolvem treinamento repetitivo (exceto aqueles que buscam avaliar o efeito do treinamento repetitivo). Similarmente, levantamos a hipótese que em adição aos efeitos do treinamento sobre a diminuição dos efeitos atencionais (Lupiáñez et al, 2001; Weaver et al, 1998; ver discussão acima), os sucessivos pareamentos entre pista e alvo realizados durante o período de modelagem comportamental contribuem para a camuflagem deste fenômeno, possivelmente propiciando que o animal ignore ativamente a pista, devido a seu valor não preditivo, para melhor responder ao alvo. Uma forma que propomos de aquilatar se estes animais apresentam IOR é fazer a modelagem comportamental sem pistas até que a sequência comportamental para teste esteja completa e, só então, adicionar a pista periférica não preditiva, seja visual ou auditiva. Supomos que isso evitaria que o animal se condicionasse ao esquema não preditivo, estando mais suscetível à influenciação da pista.

Uma hipótese plausível para explicar a ausência de efeito validade envolvendo pistas periféricas não preditivas nos SOAs de 200 ou 400 ms supõe que esses intervalos não teriam sido suficientemente curtos para revelar uma rápida captação exógena da atenção. Em estudos envolvendo humanos (Chica et al, 2014; Posner & Cohen, 1984; Berger et al., 2005; Bartolomeo et al., 2007) e roedores (Marote & Xavier, 2011; Rosner & Mittleman, 1996; Ward & Brown, 1997), considera-se que no curso temporal da orientação atencional com pistas periféricas preditivas os efeitos validade para TR positivos em SOAs curtos são consequência da captura automática da atenção, ao passo que a manutenção destes efeitos validade até os SOAs mais longos é atribuída à orientação endógena da atenção. Já a orientação atencional para pistas centrais preditivas dependeria exclusivamente do componente endógeno (Luck & Vecera, 2002; ver "1.2 Tarefa de orientação encoberta da atenção"). A comparação entre os TRs dos grupos PP e CP dá embasamento, ainda que indireto, a esta hipótese. Como mostram a Figura 4 e a Figura 5, esses grupos exibiram marcado efeito validade mesmo no SOA de 200 ms. É possível inferir, portanto, que mesmo no SOA de 200 ms já há uma orientação endógena da atenção (no grupo CP). Assim, é razoável supor que o efeito validade observado neste SOA no grupo PP pode ser decorrente da orientação endógena da atenção.

Contudo, esses resultados não permitem descartar a possibilidade de que pudesse ter havido captação automática da atenção.

Admitindo a possibilidade de que os processos de captação exógena em ratos possam ter curso temporal mais curto, resolveu-se fazer o Experimento 2, em que o SOA mais curto passou de 200 para 100 ms (ver "4.2 Experimento 2: SOAs 100, 400, 800 e 1200 ms"). A hipótese em avaliação é que a redução do SOA mais curto para 100 ms poderia facultar a detecção da captação exógena da atenção, resultando num efeito validade também no grupo PNP e eventual revelação do efeito de IOR nesse grupo.

Parece haver uma tendência no sentido das tentativas envolvendo pistas centrais preditivas gerarem TRs maiores que os observados nas tentativas envolvendo pistas periféricas preditivas. Dado que, como visto acima, não haveria efeito da orientação exógena da atenção nos SOAs utilizados, tais diferenças não devem decorrer porque diferentes tipos de orientação estariam envolvidos no uso de pistas periféricas comparado ao de pistas centrais. Lenvantamos a hipótese que os animais respondem mais rapidamente na tarefa com pistas auditivas periféricas porque este tipo de estimulação ocorre ao longo da infância, gerando facilidade para responderem de forma facilitada para estímulos sonoros cuja fonte é identificada.

Além das diferenças no TR médio dos grupos CP e PP – atribuídas à familiaridade que os animais teriam em orientar-se por pistas periféricas em comparação com pistas centrais – nossos resultados mostram tendências a que exista predominantemente um prejuízo no TR quando as tentativas são inválidas do que um benefício gerado pelas tentativas válidas nos grupos preditivos. Tal efeito pode ser visto na Figura 4. Observa-se que tentativas válidas dos grupos PP e CP tendem a apresentar TRs similares às tentativas válidas e inválidas de duas contrapartes não preditivas, ao passo que tentativas inválidas dos grupos preditivos tendem a ter TR maiores que as demais tentativas. Isso parece ocorrer especialmente nos SOAs curtos.

Parece haver um fenômeno particular quando do uso de pistas periféricas não preditivas, válidas ou inválidas, nos SOAs 800 e 1200 ms. Chama a atenção, que os TRs de tentativas válidas e inválidas do grupo PP sejam menores nos SOAs 800 e 1200 ms quando comparado com os TRs no grupo PNP nestes mesmos SOAs. Nota-se que esses TRs maiores quando pistas periféricas não preditivas são utilizadas com SOAs 800 e 1200 ms, independem da validade das pistas, não estando o efeito relacionado à validade das pistas.

Não parece haver uma relação específica desses aumentos nos TRs em tentativas com pistas periféricas não preditivas, nos SOAs 800 e 1200 ms com a quantidade de erros de antecipação (Figura 10), erros de antecipação após o aparecimento do alvo (Figura 11 – notar que no SOA 200 a quantidade de erros é a mesma em relação aos SOAs 800 e 1200 ms, sugerindo que o aumento observado no SOA de 400 ms não tem relação com este tipo de erro), e erros de omissão (Figura 12). Por outro lado, pode haver uma relação com os erros de comissão (Figura 13). Isto é, animais expostos a pistas periféricas não preditivas cometem menos erros de comissão do que animais expostos a pistas periféricas preditivas, sugerindo que eles adotam uma estratégia de resposta mais cautelosa, portanto errando menos, mas, por outro lado, consumindo mais tempo para a emissão da resposta.

No presente experimento, observa-se que o TR se elevou consistentemente com o aumento do SOA (efeito principal de SOA) em todos os grupos (Figura 4). Esse resultado discrepa em relação a relatos anteriores envolvendo testes de atenção em ratos, pois em parte dos estudos parece haver a manutenção dos TRs no mesmo nível (Ward & Brown, 1996; 1997; Ward et al, 1998) e em outra parte parece haver efeito inverso, isto é, a diminuição do TR com o aumento do SOA (Philipps et al, 2000; Wagner et al, 2014; Weese et al, 1999). À primeira vista, esse efeito parece ser causado pela preditividade das pistas, pois os estudos que demonstraram manutenção dos TRs no mesmo nível usaram pistas preditivas e os que obtiveram uma diminuição do TR com o aumento do SOA usaram pistas não preditivas. Contudo, os resultados de Marote e Xavier (2011) mostram uma tendência a que os TRs

diminuíssem com o aumento dos SOAs mesmo no grupo preditivo, enquanto Rosner e Mittleman (1996), utilizando os SOAs de 50, 150, 550, 1000 e 1500 ms, observaram um aumento no TR até o terceiro intervalo seguido de uma diminuição progressiva até o último SOA usando pistas preditivas. Neste contexto consideramos bastante plausível levanta a hipótese de que o aumento nos TRs com a elevação do SOA obtido em nosso estudo ocorre porque fizemos uso de pistas auditivas, ao passo que os demais utilizaram pistas visuais. Em outras palavras, a modalidade das pistas utilizadas determinaria o coeficiente angular da reta que descreve o TR ao longo dos SOAs em ratos.

Bueno e Ribeiro-do-Valle (2012) avaliaram, em humanos, a influência da presença ou ausência de um sinal auditivo não informativo sobre o tempo de resposta a um alvo visual apresentado posteriormente. Os autores mostraram que a expectativa temporal gerada por esses sinais é capaz de facilitar a resposta motora, quando o sinal está presente, ou de inibir essa ativação, quando o sinal está ausente. Os resultados revelaram que com o aumento do SOA há também um aumento geral nos tempos de resposta, o qual poderia ser interpretado como um aumento na inibição da resposta motora ao alvo.

Similarmente, no presente experimento, consideramos que ocorreu uma inibição da resposta motora ao aparecimento do alvo, contribuindo ao aumento do TR ao longo do SOAs. Levantamos a hipótese que, além do uso de estímulos auditivos ter possibilitado a ocorrência desse fenômeno, o qual parece ser importante segundo o estudo de Bueno e Ribeiro-do-Valle (2012), a existência de *Catch trials* favoreceu a ocorrência de inibição da resposta motora. O fato dos animais serem recompensados em 20% das tentativas por esperar o “SOA” da *Catch trial* provavelmente incitou-os a inibirem suas respostas motoras até os intervalos mais longos. Destarte, quanto maior o SOA ms, de maior magnitude era a inibição da resposta, aumentando o TR.

Similar ao que ocorreu com o TR, os resultados de acurácia (Figura 7) mostraram que os animais acertam mais nas tentativas válidas que nas inválidas nos grupos preditivos (interação entre preditividade e validade, p. 44), sugerindo que esquemas preditivos melhoram as chances do animal em acertar a localização deste, como esperado. Por conseguinte, encontramos um efeito validade para acurácia de magnitude aproximada de -3% (média dos efeitos validade para acurácia dos grupos preditivos).

Adicionalmente, foi demonstrado que a acurácia diminui com o aumento do SOA (Figura 7), o que parece ter sido causado por uma elevação na percentagem de erros de antecipação, o único tipo de erro que aumentou ao longo dos SOAs (Figura 10). Isto está de acordo com a nossa experiência com este tipo de experimento, porque durante a etapa de pré-

treino, a maior parcela dos ratos foram excluídos da tarefa quando requeridos a aumentar o tempo de manutenção do focinho no buraco central (ver p. 34). Aparentemente esses animais têm dificuldade em ficar longos períodos focinhando um mesmo buraco e apresentam fortes tendências a antecipar as respostas. Alguns animais, muitas vezes, não alcançam o critério para progredir para a etapa seguinte mesmo depois de 30 sessões, sem mostrar progresso ou mesmo deixando de fazer a tarefa quando inseridos nas caixas de condicionamento. Outros autores parecem ter demonstrado o mesmo quanto a esse tipo de erro (Ward & Brown, 1996; Weese et al, 1999). Apesar disto, nos animais que alcançaram desempenho satisfatório para serem submetidos a sessões de teste, demostramos uma percentagem de acertos em *Catch trials* de aproximadamente 71 %, mais que a metade das tentativas, possivelmente indicando que a implementação deste tipo de tentativa reduziu a probabilidade que os indivíduos antecipassem mais suas respostas igualmente entre os grupos (ver Klein, 2000; Luck e Vecera, 2002).

Os resultados de acurácia também mostraram que em grupos com pistas periféricas a quantidade de erros de antecipação é menor para tentativas inválidas do que para tentativas válidas, ao passo que o mesmo não ocorre quando são empregadas pistas centrais (Figura 10). Na figura, nota-se que isso é particularmente perceptível no grupo PP, que parece apresentar percentagens de erro maiores em tentativas válidas quando comparado com as inválidas em todos os SOAs. No contexto da tarefa, parece estranho os animais cometerem mais erros de antecipação em tentativas válidas em relação as inválidas; uma vez que este erro ocorre antes do aparecimento do alvo, seria esperado que ocorresse na mesma proporção em válidas e inválidas.

Em nosso experimento, a menor percentagem de erros de antecipação nas tentativas inválidas relativamente às válidas nos grupos periféricos se dá porque no grupo PP existem menos tentativas inválidas nas quais os animais poderiam antecipar do que válidas. Somando-se os erros de omissão e comissão do grupo PP, temos que os animais erram em 4,45% das tentativas válidas e 7,71% das tentativas inválidas, assim os animais teriam 95,55% de tentativas válidas e 92,29 % de tentativas inválidas restantes para cometer erros de antecipação. Assim, como os animais desse grupo cometem mais erros em tentativas inválidas do que em válidas nos erros de comissão e omissão, restam menos tentativas inválidas disponíveis do que válidas para que antecipem.

Na análise dos erros de antecipação após aparecimento do alvo encontramos um pico positivo na quantidade de erros no SOA de 400 ms nos grupos não preditivos (Figura 11). Tal resposta parece ser bastante consistente (apesar de baixíssima – 2 a 3 % de erros), pois ela

ocorre igualmente em tentativas válidas como inválidas, permitindo descartar que tenha relação com a "validade" (como é na condição não preditiva esse fator não importa). Esse padrão é intrigante uma vez que parece ocorrer tanto para pistas centrais como para pistas periféricas. É possível que ele indique que nos grupos não preditivos a expectativa quanto ao momento de aparecimento do alvo aumenta do SOA de 200 ms para o de 400 ms de tal forma que os ratos tendem a antecipar suas respostas mais cedo do que nos outros SOAs. Supostamente o mesmo não ocorreria nos grupos preditivos porque o padrão de apresentação entre pista e alvo incentivaria que os animais aguardassem o aparecimento do alvo. Isto explicaria o aumento desse tipo de erro especialmente neste SOA.

Diferentemente dos erros de antecipação, erros de omissão diminuem com o aumento do SOA (Figura 11). Tal resultado indica que com o aumento do tempo entre pista e alvo aumentou-se a facilidade dos animais em detectarem os alvos, principalmente em tentativas válidas dos esquemas preditivos, como esperado. Demonstramos também que pistas centrais, especialmente as preditivas inválidas, geram mais erros de omissão, congruente com a interpretação de que os animais orientaram a atenção para um local distinto daquele em que o alvo aparece, levando o animal a não detectá-lo. Essa interpretação recebe suporte também da observação de que pistas centrais preditivas válidas resultam em reduzida percentagem de erros de omissão (Figura 11). Esse efeito tende a ter duração maior (se estende SOAs mais longos) no caso das pistas centrais.

A avaliação do tempo de movimento revelou resultados inesperados. Esperávamos que o TM permaneceria sem variações nos diferentes grupos e SOAs, contudo não foi o caso (6). Interessantemente, houve uma espécie de efeito validade para TM, pois o grupo CP teve diferenças significativas entre o tempo de válidas e inválidas no SOA 200 ms. O mesmo aconteceu no SOA de 400 para o PP. Isso possivelmente indica que – além de facilitar a detecção por meio de uma orientação atencional – em determinados SOAs pistas válidas em esquemas preditivos contribuem na formação de um plano motor de resposta à pista.

Por fim, pode-se observar uma tendência bastante marcada para que o TM de válidas e inválidas do grupo PP fossem mais curtos que de todos os outros grupos. Apesar de nosso *post hoc* não indicar diferenças estatisticamente significativas, isto parece indicar que as pistas usadas neste grupo facilitem mais a emissão de uma resposta motora em comparação com outros grupos, mesmo nas tentativas inválidas. Uma hipótese plausível é que periféricas facilitam em maior grau a construção de uma resposta motora, possivelmente por serem espacialmente salientes (ocorrerem à esquerda ou direita). Tal efeito não ocorreria no grupo

PNP pois o fato das pistas serem não preditivas diminuiria o benefício dessa saliência na emissão de uma reposta.

4.2 EXPERIMENTO 2: SOAS 100, 400, 800 E 1200 MS

O presente experimento teve por objetivo avaliar a possível existência de captação exógena da atenção pela apresentação de pista periférica não preditiva, incluindo um SOA de 100 ms em substituição ao menor SOA utilizado no Experimento 1 (200 ms).

Apenas os animais do lote 1 foram submetidos a este experimento. Assim, foram incluídos 16 animais, sendo 15 que tinham alcançado desempenho satisfatório no experimento anterior, mais um que apresentou uma melhora no desempenho no meio da etapa de testes daquele experimento. Como os animais já sabiam desempenhar a tarefa ao final do Experimento 1, apenas o primeiro SOA foi alterado para 100 ms, mantendo-se os demais SOAs já utilizados ao longo do Experimento 1. Foram realizadas sessões de treino (conforme já descrito anteriormente), até os animais atingissem pelo menos 3 sessões seguidas com pelo menos 75% de acurácia. A partir desse momento foram realizadas sessões de treino intercaladas com sessões de teste até serem obtidas ao menos 5 sessões de teste com ao menos 65% de acurácia de cada animal.

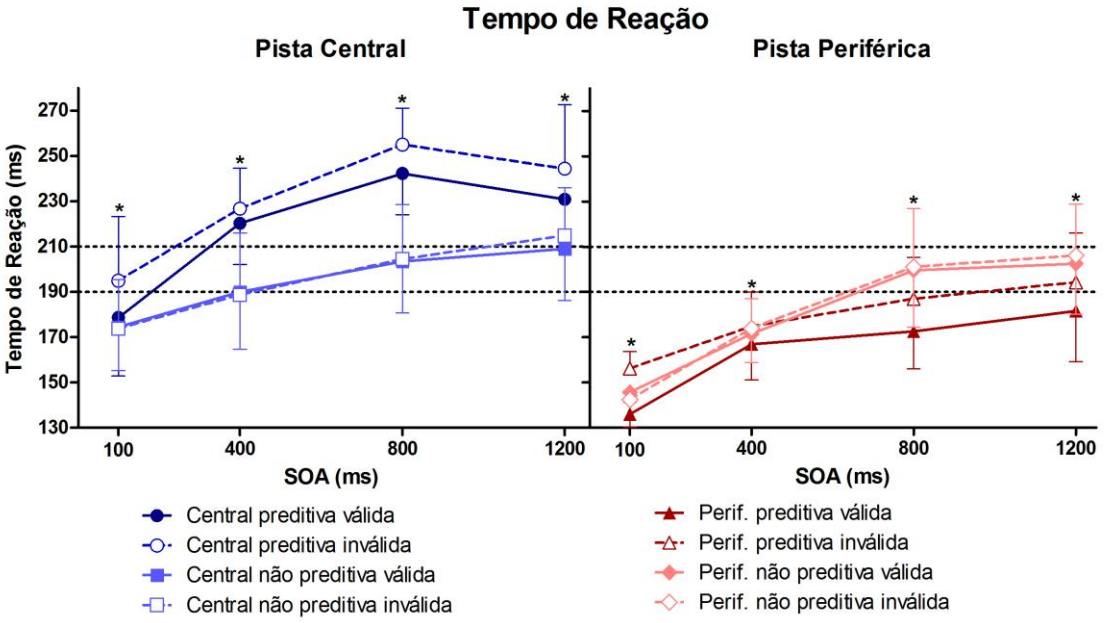
4.2.1 Resultados

Os resultados envolvendo TRs são apresentados na Figura 14[6]. Cabe ressaltar que esses resultados devem ser analisados com cautela uma vez que o grupo CNP contou com apenas 3 animais, os grupos CP e PNP com 4 animais, e o grupo PP com 5 animais. É importante ressaltar que as pistas de três animais do grupo CP eram 5 kHz para a esquerda e 8kHz para a direita e de um 8 kHz para a esquerda e 5kHz para a direita. Isto significa que tal condição foi apenas parcialmente contrabalanceada neste experimento. O resumo dos efeitos dessas análises pode ser encontrado no “Apêndice A – Tabelas com resumo dos efeitos das análises estatísticas”.

---

[6] Neste experimento as análises envolvendo foram corrigidas pela correção de Grennhouse-Geisser quando épsilon foi <.75 e pela de Huynh-Feldt-Lecoutre quando épsilon foi >.75 (Girden, 1992) quando o fator SOA e/ou a interação SOA x Validade violaram a premissa de esfericidade pelo teste de esfericidade de Mauchly (observar graus de liberdade).

Figura 14 - Tempo de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



"*" indicam diferença significativa (*p* = ,0003) entre o TR de tentativas válidas e inválidas nos grupos preditivos no *post hoc* da interação Validade x Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 11,08, p = ,0060).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

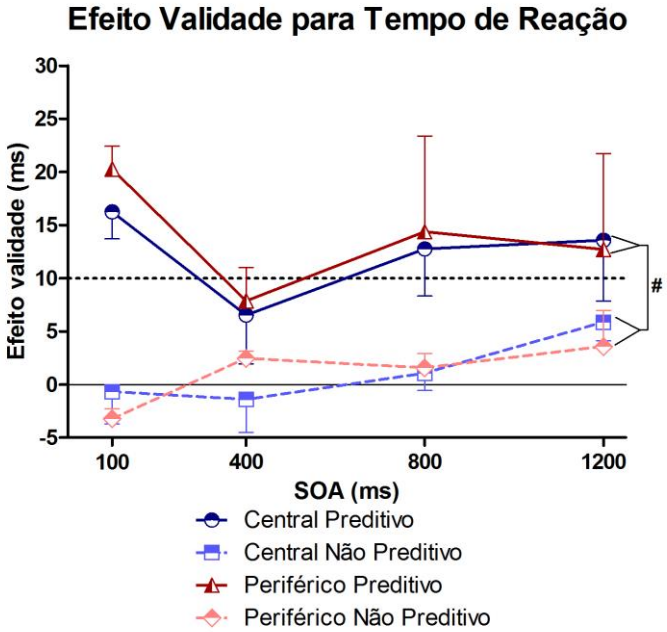
A ANOVA envolvendo os TRs revelou efeito significativo de Validade ($F_{(1;12)}$ = 15,8, p = ,0018) e, mais interessantemente, uma interação significante envolvendo Validade x Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 11,08, p = ,0060). A Figura 14 mostra que os animais dos grupos preditivos apresentam tempos de reação significativamente menores em tentativas válidas em relação as tentativas inválidas, similarmente ao observado no Experimento 1. Isto indica que a redução do SOA mais curto para 100 ms não influenciou a ocorrência de efeito validade para tempo de reação (ver abaixo) e, portanto, que animais treinados em esquemas preditivos detectaram os alvos mais rapidamente quando estes eram precedidos por pistas válidas, se comparado com as pistas inválidas.

A ANOVA mostrou também que o TR aumentou com o incremento do SOA ($F_{(1,37;16,46)}$ = 13,97, p = ,0007). A análise *post hoc* confirmou essa observação (p < ,05), exceto quando considerados os TRs dos SOAs 800 e 1200 ms que não diferem significantemente entre si.

Por fim, houve um efeito principal quase significativo para tipo de Pista ($F_{(1;12)}$ = 3,93, p = ,0707), sugerindo uma tendência dos grupos submetidos a pistas centrais exibirem TRs maiores do que os grupos submetidos a pistas periféricas. Observe-se que a média global dos

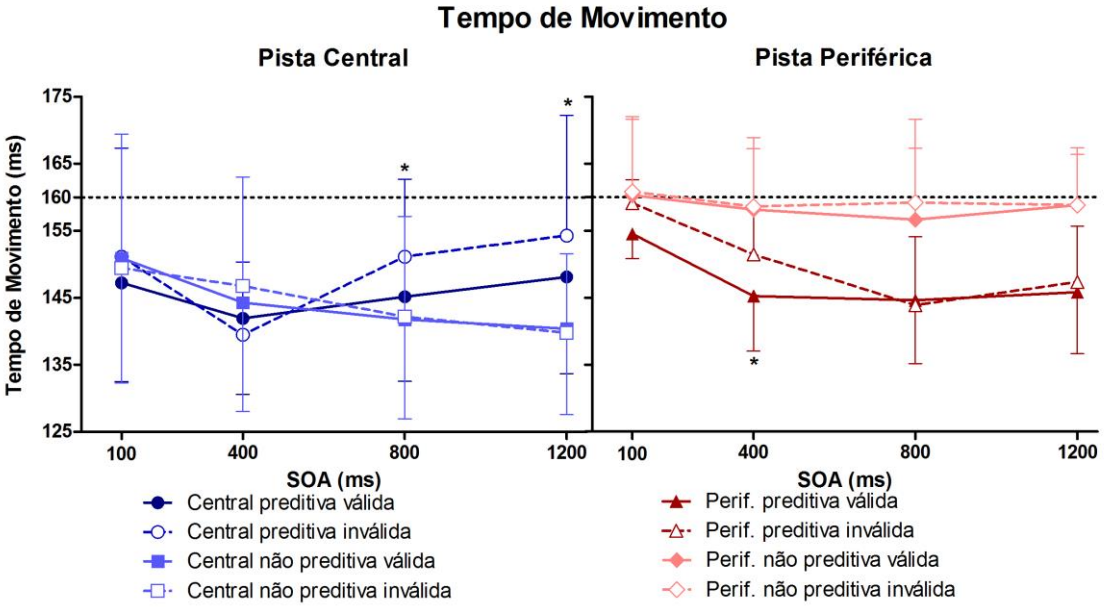
TRs dos animais expostos a pistas centrais foi 209,54 ms, enquanto o parâmetro correspondente dos animais expostos a pistas periféricas foi 175,73 ms.

Figura 15 - Efeito validade para tempos de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em função do SOA, no Experimento 2.



"#" indica o efeito principal de Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 11,08, p = ,0060).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Figura 16 - Tempo de movimento dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



"*" denotam diferenças significativas (*p* < *,05*) entre o TM de tentativas válidas e inválidas, naqueles determinados SOAs, dos grupos preditivos, revelado no *post hoc* da interação SOA x Validade x Preditividade x Pista ($F_{(3;36)}$ = 3,01, p = ,0423). Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

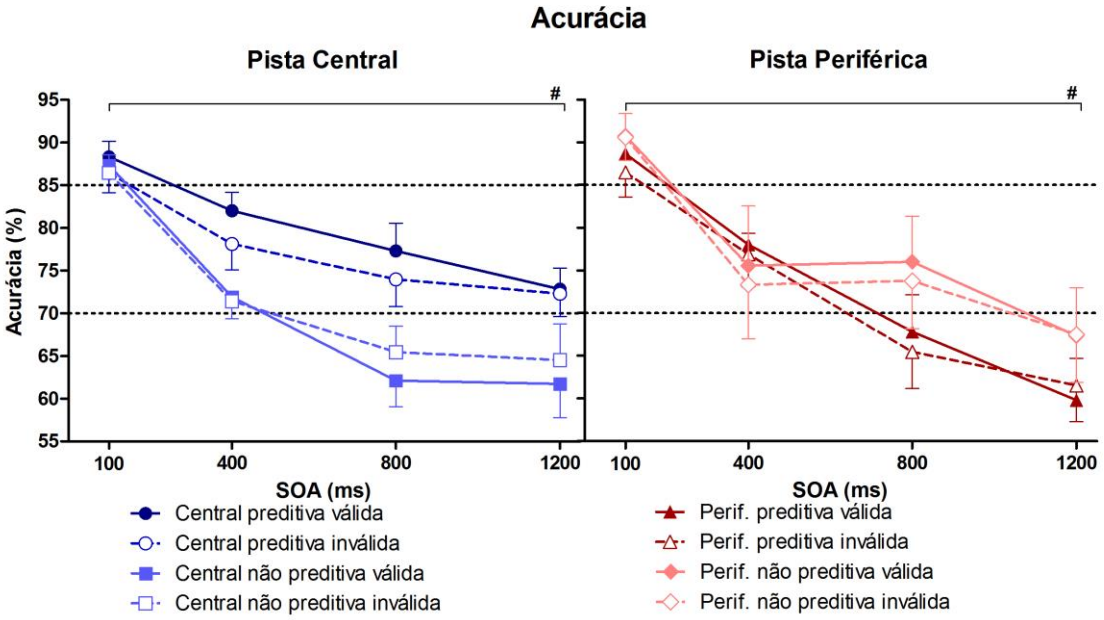
O efeito de validade para TR é mostrado na Figura 15. A ANOVA revelou um efeito principal de Preditividade (F(1;12) = 11,08, p = ,0060), em consonância com a descrição apresentada acima envolvendo interação significante entre Validade e Preditividade.

Assim, o efeito validade foi similar ao observado no Experimento 1. Isto é, os animais expostos a pistas não preditivas exibem, como esperado, efeitos de validade próximos a zero, diferindo dos animais expostos a pistas preditivas que exibem efeito de validade positivo, indicando que pistas válidas favorecem ao passo que pistas inválidas prejudicam o desempenho, nos SOAs utilizados. Curiosamente, não foi observada diminuição deste efeito nos SOAs longos, como observado no Experimento 1.

A Figura 16 mostra os TMs observados no Experimento 2. A ANOVA envolvendo TM revelou efeito significante do fator principal Validade ($F_{(1;12)}$ = 7,57, p = ,0175) e uma interação entre todos os fatores, isto é, SOA x Validade x Preditividade x Pista ($F_{(3;36)}$ = 3,01, p = ,0423). Observa-se que os animais expostos a pistas não preditivas não apresentam diferenças de TMs entre tentativas válidas e inválidas. Já no grupo CP há diferença entre essas tentativas nos dois SOAs mais longos e no grupo PP somente no SOA de 400 ms, com uma tendência à diferença no SOA de 100 ms.

Os resultados de acurácia do desempenho são apresentados na Figura 17.

Figura 17 - Acurácia dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



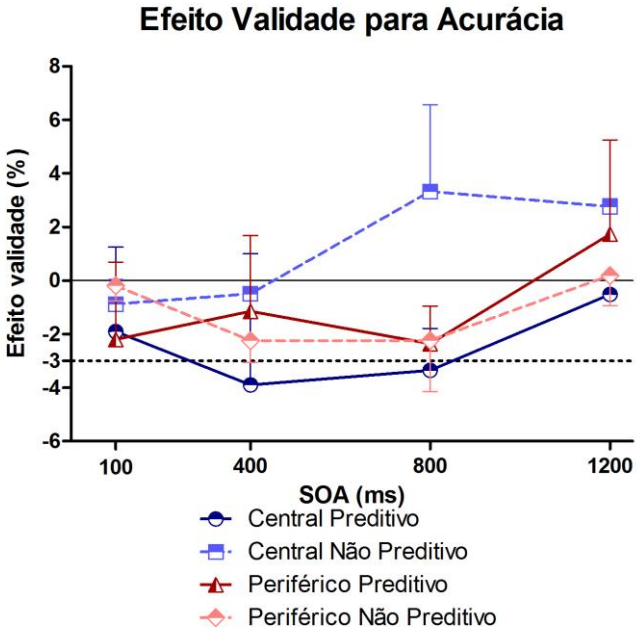
"#" indica o efeito principal de Preditividade ($F_{(1,66;19,94)}$ = 39,68, p < ,0001).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA envolvendo os dados de acurácia do desempenho revelou um efeito significativo do fator principal SOA ($F_{(1,66;19,94)}$ = 39,68, p < ,0001). Similarmente ao Experimento 1, há uma redução da acurácia com o aumento do SOA (Figura 7), a qual provavelmente se relaciona com o aumento na percentagem de erros de antecipação (ver abaixo).

Adicionalmente, a ANOVA revelou uma interação marginalmente significativa envolvendo Pista e Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 4,46, p = ,0561), cujo *post hoc* indica uma tendência a que os grupos CNP acertem menos que o CP (p = 0,0892).

A Figura 18 mostra os resultados para efeito validade para acurácia.

Figura 18 - Efeito validade para acurácia dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em função do SOA, no Experimento 2.

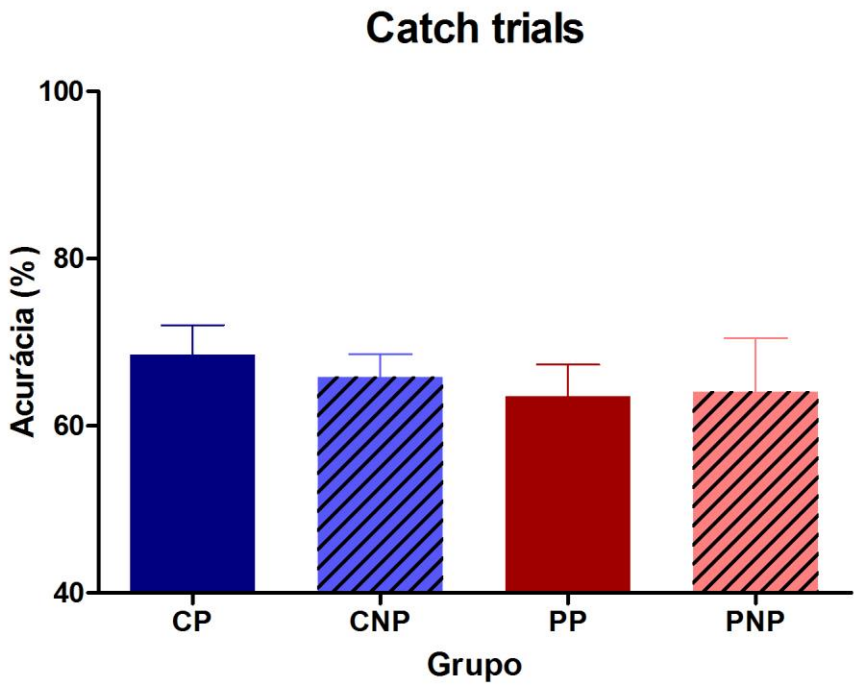


Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

A ANOVA envolvendo efeito validade para acurácia não revelou quaisquer efeitos ou interações significativas. Diferentemente do Experimento 1, aqui não encontramos efeito significante para o fator principal Preditividade F(1;12) = 1,29, p =,2779). Contudo isto é congruente com o que foi demonstrado na análise de ACC, pois nela não há efeito significante para o fator Validade (ver acima).

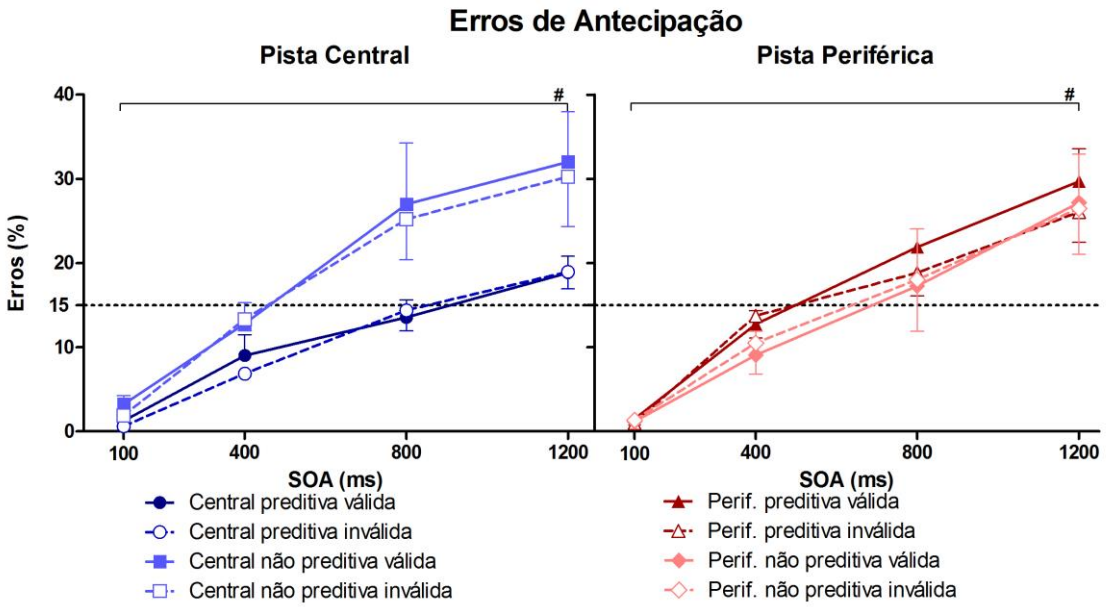
A Figura 19 mostra a percentagem de erros nas *Catch trials.*

Figura 19 - Acurácia nas *Catch trials* por grupo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, no Experimento 2.



Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Figura 20 - Percentagem de erros de antecipação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



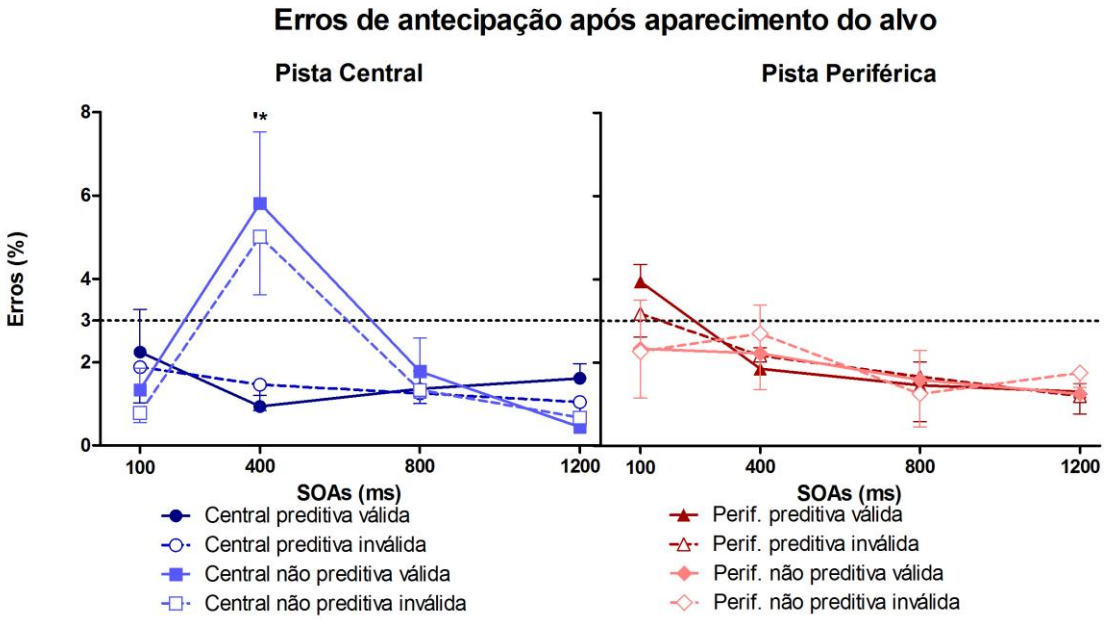
denota efeito principal de SOA (F(1,47;17,68) = 77,1, p < ,0001), no qual cada SOA é significativamente diferente dos outros, segundo o *post hoc* (em todos p<,001).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Análise da acurácia em *Catch trials*, similarmente ao primeiro experimento, não apresentou efeitos estatisticamente significativos e ficou com percentagem média de 65,47% entre os grupos.

A percentagem de erros de antecipação é mostrada na Figura 20. A ANOVA revelou um efeito significativo principal do fator SOA ($F_{(1,47;17,68)} = 77,1$, $p < ,0001$). Como ilustrado na Figura 20, há um aumento da percentagem de erros de antecipação em função do aumento do SOA. Observe-se que este é o tipo de erro mais numeroso, com média de 14,55% (as médias para erros de antecipação após aparecimento da pista, omissão e comissão são, respectivamente, 1,90%, 2,33% e 2,23%), é possível afirmar que ele é principal motivo para a degradação da acurácia ao longo dos SOAs.

Adicionalmente, a ANOVA revelou um interação marginalmente significativa envolvendo Pista e Preditividade ($F_{(1;12)} = 4,05$, $p = ,0669$). A Figura 20 mostra que enquanto pistas periféricas preditivas e não preditivas resultam em percentagens de erro de antecipação similares, pistas centrais preditivas resultam em menos erros em relação a pistas centrais não preditivas ($p = ,0523$).

Figura 21 - Percentagem de erros de antecipação após o aparecimento do alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.

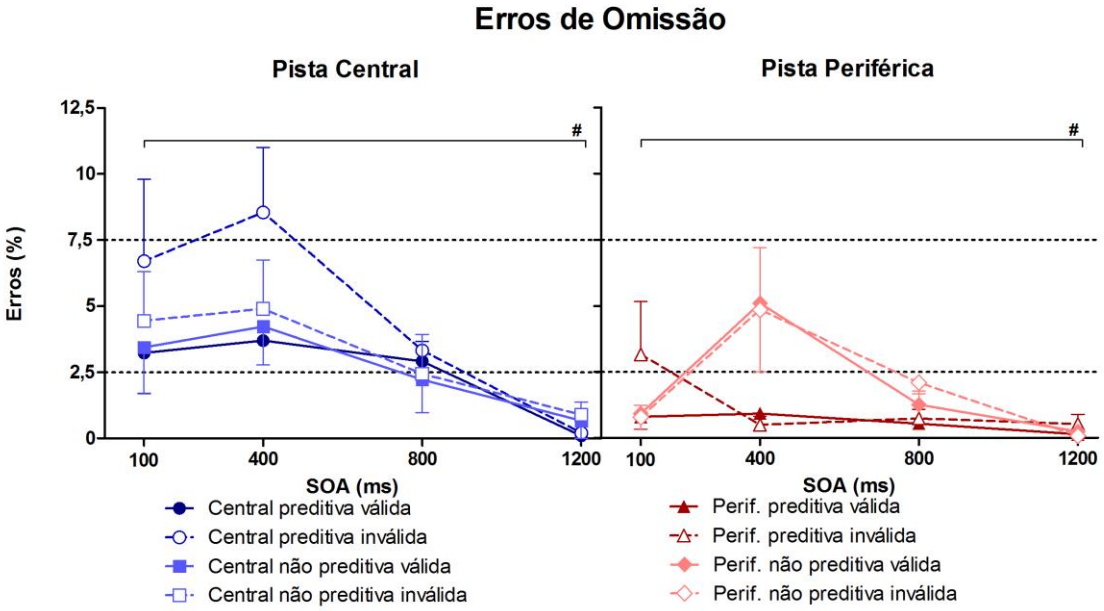


*' denota diferença quase significativa entre a percentagem de erros no SOA 400 ms e o restante na análise *post hoc* da interação entre SOA x pista x preditivo ($F(3, 36) = 2,4717$, $p=,07740$)
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Semelhantemente ao observado no Experimento 1, a ANOVA envolvendo erros de antecipação após aparecimento do alvo revelou uma interação significante envolvendo SOA x Preditividade ($F_{(3;36)}$ = 5,14, p = ,0045), cujo *post hoc* indica que, quando o SOA foi 400 ms, há um pico positivo na percentagem de erros nos grupos não preditivos. Entretanto, houve também uma interação quase significativa entre SOA x pista x preditivo ($F_{(3, 36)}$ = 2,4717, p=,07740), cuja análise *post hoc* indica que apenas o grupo CNP teve um pico positivo na percentagem de erros no SOA de 400 ms. Esta tendência pode ser vista na Figura 21.

A percentagem de erros de omissão é mostrada na Figura 22.

Figura 22 - Percentagem de erros de omissão (da resposta) ao alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



denota efeito principal de SOA (F(1,84;22,19) = 12,03, p = ,0003).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

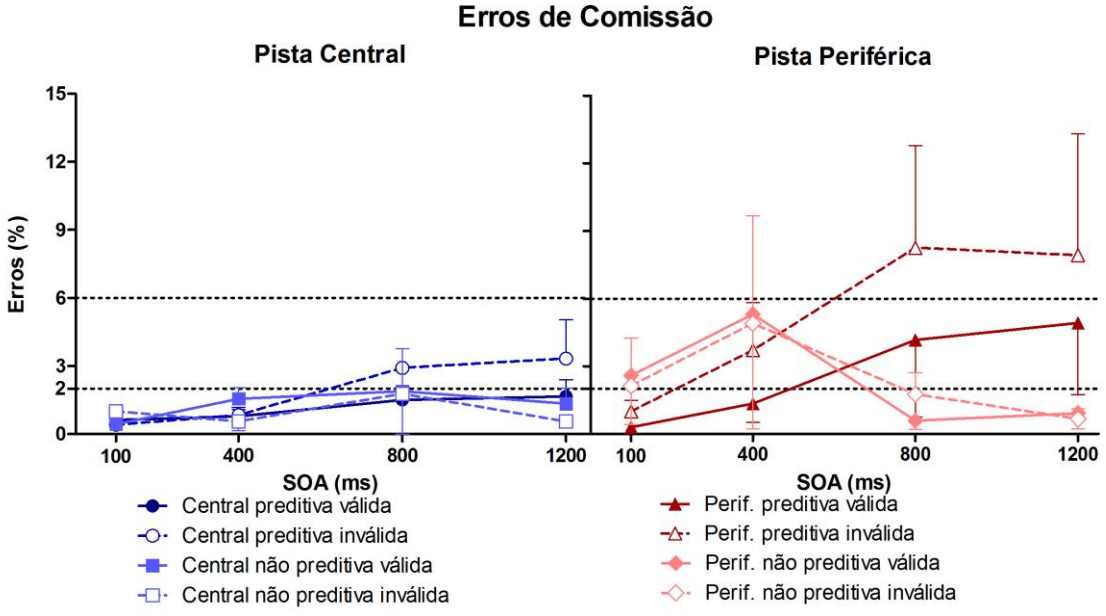
A ANOVA envolvendo erros de omissão revelou efeitos significantes dos fatores principais Pista ($F_{(1;12)}$ = 5,38, p = ,0388), SOA ($F_{(1,84;22,19)}$ = 12,03, p = ,0003) e Validade ($F_{(1;12)}$ = 9,59, p = ,0092). Quanto aos dois primeiros, é possível observar na Figura 22 que pistas centrais geram maiores percentagens deste tipo de erro (média de 3,2%) em relação a pistas periféricas (média de 1,4%), e que em ambos casos há uma diminuição da quantidade de erro com o aumento do SOA. A análise *post hoc* indica que tal redução inicia-se a partir do segundo SOA. Já o efeito de Validade, somado à interação quase significativa entre Validade e Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 4,09, p = ,0658), sugere que os animais erram mais por omissão nas tentativas inválidas do que nas válidas, predominantemente em esquemas preditivos. Isto faz

sentido na medida que, numa tarefa na qual os alvos são difíceis de detectar, caso o sujeito experimental oriente a atenção ao lado oposto do aparecimento do alvo terá menos chances de detectá-lo.

A ANOVA revelou ainda interações quase significativas que requerem atenção envolvendo SOA x Pista x Preditividade ($F_{(1,84;22,19)}$ = 2,64, p = 0,0969) e Validade x Pista ($F_{(1;12)}$ = 3,36, p = 0,0916). A análise *post hoc* da interação SOA x Pista x Preditividade indica que o grupo PNP apresenta um pico na quantidade de erros no segundo SOA, pois neste a quantidade de erros é significativamente diferente de todos os outros pontos deste grupo; isto não ocorre em qualquer outro grupo. Mais interessantemente, a análise *post hoc* da interação Validade x Pista mostra que somente grupos expostos a pistas centrais apresentam diferença entre válidas e inválidas (p = ,0025).

As percentagens de erros de comissão são apresentadas na Figura 23.

Figura 23 - Percentagem de erros de comissão dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 2.



Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Similarmente ao que foi observado no Experimento 1, não houve efeitos significantes em relação a este tipo de erros. É possível observar a tendência a que grupos expostos a pistas periféricas exibam mais erros de comissão, principalmente no grupo PP, onde, inclusive, há uma tendência a que ocorram mais erros em tentativas inválidas do que em válidas.

4.2.2 Discussão

De forma geral, os resultados do Experimento 2 se assemelham muito aos do Experimento 1. A seguir são comentados os efeitos similares ao primeiro experimento, os diferentes e suas possíveis explanações.

A análise de tempo de reação indicou, como esperado, que animais treinados em esquema preditivo exibem TRs menores nas tentativas válidas do que nas inválidas, o que não ocorre nos animais treinados nos esquemas não preditivos. Esse resultado indica que os animais utilizaram das pistas preditivas para orientar a atenção, propiciando uma facilitação na detecção do alvo no caso da pista ser válida e prejudicando a detecção do alvo no caso da pista inválida. Em função disso houve um marcado efeito validade, que se manteve constante ao longo dos SOAs em ambos grupos preditivos. Os resultados mostram também que não houve diminuição do efeito validade em SOAs longos, o que, no Experimento 1, foi hipoteticamente relacionado a IOR.

Esse padrão de resultados leva a pelo menos duas possíveis interpretações. A primeira é que simplesmente não houve IOR; porém, como foi encontrado indício de sua ocorrência no experimento anterior, não temos razões para pensar que a mudança do primeiro SOA extinguiria o fenômeno. A segunda, mais provável, admite que devido a quantidade adicional de sessões a que os animais foram expostos houve um enfraquecimento posterior e finalmente extinção da IOR (Lupiáñez et al, 2001; Weaver et al, 1998).

Confirmando a observação anterior do Experimento 1, no presente experimento há um aumento geral nos TRs com o aumento do SOA. Em adição, os resultados do Experimento 2 indicam que parecer existir um limite ao qual eles podem chegar, já que o *post hoc* não indicou diferenças entre os dois últimos SOAs. É possível que neste intervalo o tempo de reação tenha atingido seu máximo a partir do qual, mesmo com o aumento do SOA, ele não continua a aumentar. Isto significaria que há um limite para a inibição motora da resposta ao alvo gerada ao longo dos SOAs.

Em adição, a tendência a que pistas periféricas resultassem em TRs menores que as pistas centrais, discutida no experimento anterior, parece ter se amplificado neste experimento, possivelmente pelo aumento na quantidade de treino do animais, gerando um efeito quase significativo de pista (ver discussão anterior na p. 42). Este resultado corrobora a tendência observada anteriormente e reforça a noção de que a tendência indicaria que de fato há participação de processos exógenos de orientação da atenção nos grupos periféricos. Essa participação se estenderia até o grupo não preditivo, o qual, assim como o preditivo, apresenta

TRs menores que sua contraparte central. Isto significa que existiria de fato uma orientação neste grupo e que os animais não estariam ignorando a pista, mesmo não apresentando efeito validade estatisticamente, detectável nos SOAs utilizados.

Quanto ao tempo de movimento, o presente experimento confirmou e expandiu os resultados do Experimento 1. De fato, parece haver uma espécie de efeito validade para TM, pois encontramos, em alguns SOAs dos grupos preditivos, um maior tempo de reação para inválidas do que para válidas. Como comentado anteriormente, isto indica que as pistas do esquema preditivo, além de facilitarem a posterior detecção dos alvos, auxiliam na geração de um plano motor de resposta. Isto ocorre tanto no grupo exposto a pista central quanto no grupo exposto a pista periférica.

Diferentemente do experimento anterior, no presente experimento não foi encontrado um efeito validade para acurácia. As razões para a mudança do primeiro SOA terem produzido tal efeito são pouco claras; considerando que houve efeito validade para tempos de reação, os animais estariam orientando a atenção às pistas e potencialmente beneficiando-se disto na ACC. Uma hipótese é que isso ocorreu por conta da redução do *n* experimental neste experimento em relação ao último, de forma que o comportamento passou a ser não detectável estatisticamente. Outra, que parece mais provável, é que com mais tempo de treino o benefício causado pelas válidas – ou o prejuízo gerado pelas inválidas – sobre a acurácia tenham diminuído, similarmente ao que acontece com o TR (Lupiáñez et al, 2001; Weaver et al, 1998).

De maneira similar ao primeiro experimento encontramos uma diminuição da acurácia ao longo dos SOAs, associada a um aumento gradual dos erros de antecipação, revelando que a mudança do primeiro SOA não mudou a tendência que estes animais têm em antecipar suas respostas, a qual parece ser diretamente proporcional ao SOA. Os erros de antecipação, aparentemente, também se relacionam com a ACC através da interação entre Pista e Preditividade. Nossos resultados mostraram uma tendência para que o grupo CNP antecipe mais suas respostas que todos os outros e, por isso, tenha acurácia mais baixa. Isto possivelmente indica que estes animais, por executarem a tarefa num esquema que não permite a orientação endógena ou exógena, têm menos motivação a ficar com o focinho no buraco central e esperar o aparecimento do alvo, por isso, antecipando mais. É necessário notar, entretanto, que tal tendência é bastante sutil, pois não teve efeito sobre a acurácia em *Catch trials*.

Erros de omissão, comissão e antecipação após aparecimento do alvo se comportaram muito similarmente nos Experimentos 1 e 2, de forma que as interpretações apresentadas

acima, para o Experimento 1, não se alteraram. Contudo, a análise de erros de omissão não resultou em interação entre SOA, Validade e Preditividade no presente experimento. Isso parece ter sido causado por uma diferença nos resultados com pistas centrais e periféricas porque duas interações envolvendo Pista passaram a ser quase significativas (SOA x Pista x Preditividade e Validade x Pista), enquanto outras três que não estão relacionadas com este fator deixaram de ser significativas (SOA x Validade x Preditividade, SOA x Validade e Validade x Preditividade; esta última foi marginalmente significativa). A inspeção daquelas primeiras revela que possivelmente não há diferença na quantidade de erros entre válidas e inválidas nas pistas periféricas. Tal redução provavelmente se dá pois as pistas periféricas, sendo espacialmente salientes, devem facilitar a detecção dos alvos quanto menor for o intervalo entre a pista e o alvo. Essa diferença nos resultados dos dois experimentos, talvez esteja relacionada a uma redução na quantidade de erros praticados pelos grupos periféricos ocasionada pela mudança do primeiro SOA.

Em síntese, o presente experimento representa uma tentativa de avaliar melhor três questões colocadas na discussão do Experimento 1: (1) a ausência de IOR no grupo PNP, (2) a falta de demonstração de qualquer facilitação nos SOAs curtos deste mesmo grupo e (3) a ausência de orientação exógena da atenção, principalmente pelo fato que o efeito validade para TR entre os grupos PP e CP no intervalo entre pista e alvo mais curto ter sido similar. Entretanto, os resultados mostraram que a mudança do primeiro SOA, de 200 para 100 ms, não provocou qualquer alteração estatisticamente detectável na expressão dos fenômenos relativos a essas três observações. Em outras palavras, revelou-se que a expressão do efeito validade para TR no grupo PNP não se alterou entre os experimentos, o que avaliou os dois primeiros pontos. Semelhantemente, quanto à terceira questão, observamos que mesmo num SOA de 100 ms ainda não existem diferenças no efeito validade a pistas centrais ou periféricas preditivas. Portanto, para os três casos levantamos a hipótese que o SOA utilizado não foi curto o suficiente para avaliar os fenômenos desejados, sendo que eles poderiam ter ocorrido antes do SOA de 100 ms. Em vistas disto, idealizamos um terceiro experimento alterando todo grupo de SOAs, desta vez explorando intervalos mais curtos (ver a seguir). A exploração pretendia abordar as mesmas três questões ainda não resolvidas.

4.3 EXPERIMENTO 3: SOAS 50, 150, 300 E 600 MS

O Experimento 3 avaliou os efeitos de SOAs mais curtos, de forma a acessar a possível ocorrência de efeitos atencionais antes de 100 ms. No presente experimento foram

utilizados 50, 150, 300 e 600 ms como SOAs. Notar não simplesmente alteramos o primeiro, como anteriormente, mas implementamos um novo conjunto inteiramente novo. A escolha destes intervalos está relacionada a observações de estudos anteriores em humanos mostrando diferenças na velocidade do engajamento de diferentes componentes atencionais (Posner, 1980; Jonides, 1981; Berger et al., 2005) e inibição de retorno (Posner e Cohen, 1984; Klein, 2000), que foram avaliados nos Experimentos 1 e 2. As *Catch trials* permaneceram com 1500 ms, na intenção de manter baixo a percentagem de erros de antecipação.

Ao final do Experimento 2, os mesmos 16 animais tiveram desempenho satisfatório foram submetidos ao presente experimento. Similarmente à passagem do experimento um para o dois, aqui, como os animais já conseguiam emitir a sequência comportamental necessária ao experimento. Assim, apenas mudamos o conjunto de SOAs e seguimos para uma etapa de treino e teste.

Foram feitas apenas sessões de treino (revisar na sessão "3.3.3.3 Treino e teste" as diferenças entre treino e teste) até os animais fazerem 3 sessões seguidas com ao menos 75% de acurácia, então fez-se sessões de treino intercaladas com as de teste até serem obtidas ao menos 5 sessões de teste com ao menos 65% de acurácia de cada animal.

4.3.1 Resultados

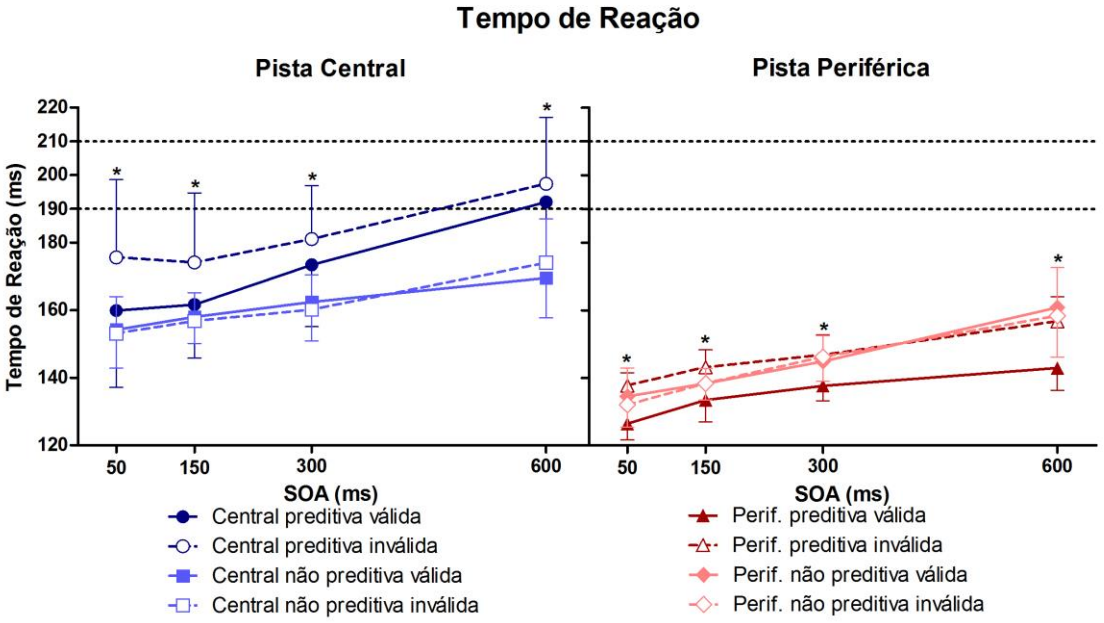
Os resultados do experimento três juntamente com suas análises estatísticas[7] estão descritas a seguir. O grupo CNP contou com 3 sujeitos experimentais, o CP e PNP com 4 e o PP com 5. É importante ressaltar que as pistas de três animais do grupo CP eram 5 kHz para a esquerda e 8kHz para a direita e de um 8 kHz para a esquerda e 5kHz para a direita. Isto significa que tal condição foi parcialmente contrabalanceada. O resumo dos efeitos dessas análises pode ser encontrado no "Apêndice A – Tabelas com resumo dos efeitos das análises estatísticas".

A ANOVA para TR revelou um efeito principal de SOA ($F_{(1,10;13,21)} = 11,75$, $p = 0,0037$) cujo *post hoc* indica um aumento do TR ao longo dos SOAs. Tal aumento parece ter sido mais "suave" que nos outros experimentos, pois o TR no SOA de 50 ms não é diferente

[7] Neste experimento as análises envolvendo foram corrigidas pela correção de Grennhouse-Geisser quando épsilon foi <.75 e pela de Huynh-Feldt-Lecoutre quando épsilon foi >.75 (Girden, 1992) quando o fator SOA e/ou a interação SOA x Validade violaram a premissa de esfericidade pelo teste de esfericidade de Mauchly (observar graus de liberdade).

do seguinte (150 ms), mas é dos dois outros (300 e 600 ms) e o mesmo ocorre com no intervalo de 150 ms (não é diferente de 300, mas é de 600), mas não no de 300 ms (isto é, ele é diferente de 600 ms). Isto pode ser observado visualmente na Figura 24. Provavelmente isso ocorre por causa que a diferença entre a duração dos SOAs utilizados nesse experimento são menores do que as utilizadas nos experimentos anteriores.

Figura 24 - Tempo de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 3.

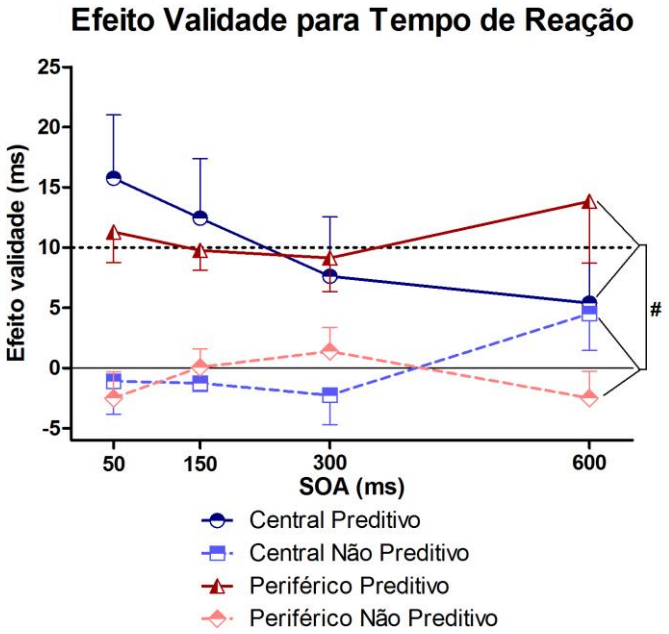


"*" indica diferença significativa (*p* = ,0002) entre o TR de tentativas válidas e inválidas nos grupos preditivas no *post hoc* da interação Validade x Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 16,64, p = ,0015).
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Obtivemos também um efeito principal de Validade ($F_{(1;12)}$ = 13,98, p = 0,0028) e, mais interessantemente Validade x Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 16,64, p = 0,0015). O *post hoc* deste último revela, como esperado, que grupos submetidos a pistas preditivas apresentam diferença significativa entre os TRs nas tentativas válidas e inválidas (p = ,0002), enquanto nos grupos submetidos a pistas não preditivas essa diferença inexiste. Isto indica que os animais dos grupos preditivos utilizaram das pistas para orientar a atenção, propiciando uma detecção mais rápida dos alvos.

De maneira semelhante ao Experimento 2, observou-se um efeito principal, neste caso significativo, de Pista ($F_{(1;12)}$ = 6,04, p = 0,0301), que revela o fato de que grupos com pista periférica respondem mais rapidamente do que aqueles com pista central.

Figura 25 - Efeito validade para tempos de reação dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, em função do SOA, no Experimento 3.



"#" denota efeito principal de Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 16,64, p = 0,0015).
Linhas tracejadas em preto foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

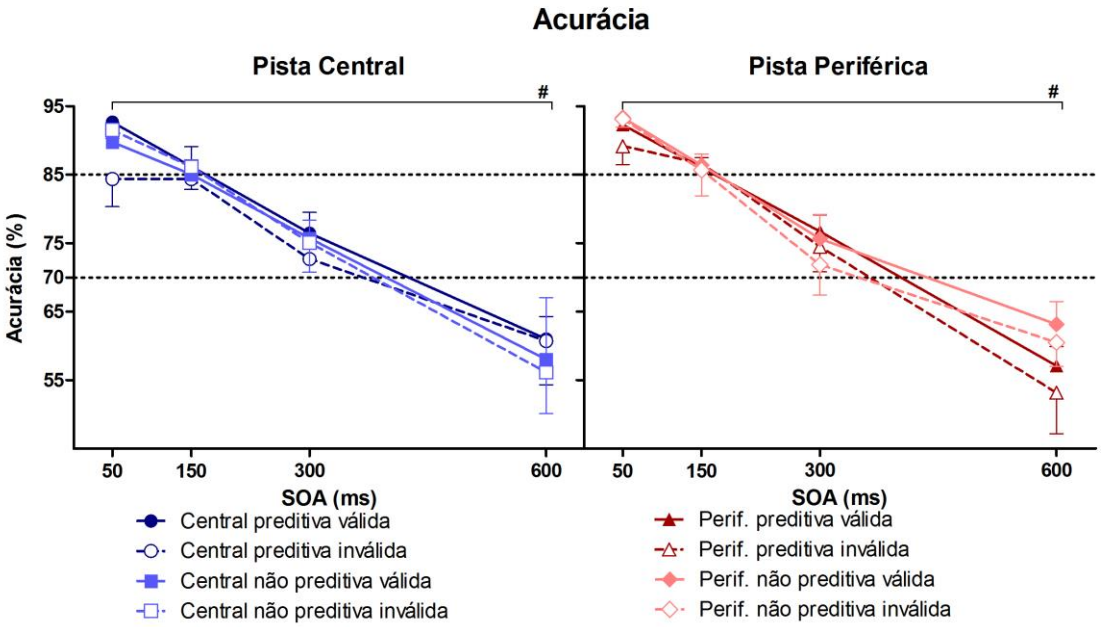
A ANOVA envolvendo o efeito de validade para tempo de reação revelou em um efeito principal de Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 16,64, p = 0,0015), mostrando um marcado e estável efeito positivo apenas nos grupos preditivos desde o SOA de 50 ms até o mais longo. A magnitude média deste efeito de validade foi de 10,65 ms, similar aos dois experimentos anteriores. Apesar de não termos demonstrado interações envolvendo SOA, a Figura 25 parece revelar uma tendência a que o efeito validade do grupo CP diminua ao longo dos SOAs, com o do grupo PP aumentando na mesma medida, de forma que no intervalo de 600 ms os dois grupos pareceriam ter efeitos validade diferentes.

A ANOVA envolvendo TM (dados não mostrados) revelou num efeito quase significativo de SOA ($F_{(1,38;16,57)}$ = 3,54, p = 0,0664), que indicaria uma tendência a que ele fosse menor com o aumento do SOA. Neste caso, diferentemente dos outros experimentos, não houve efeitos envolvendo Validade.

Em relação a acurácia os resultados (Figura 26) mostraram, novamente, efeitos principais de SOA ($F_{(1,71;20,60)}$ = 114,72, p < ,0001) e Validade ($F_{(1;12)}$ = 11,28, p = 0,0056), similarmente ao Experimento 1 (no Experimento 2 encontramos apenas o primeiro). O efeito de SOA revela que há uma diminuição da acurácia com o aumento do intervalo, a qual, como nos outros experimentos, se relaciona com o aumento dos erros de antecipação ao longo do SOAs (ver abaixo). Já o segundo mostra uma maior percentagem de acertos nas tentativas

válidas que nas inválidas, indicando que a orientação da atenção com base nas pistas deve facilitar a detecção do lado correto de aparecimento do alvo quando a tentativa é válida e dificulta-la quando inválida.

Figura 26 - Acurácia dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas e inválidas, em função do SOA, no Experimento 3.



"#" indica efeito principal de SOA ($F_{(1,71;20,60)}$ = 114,72, p < ,0001).
Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Encontramos também uma interação marginalmente significativa entre Validade x Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 3,18, p = 0,0997), sugerindo, nos grupos preditivos, uma diferença significativa na acurácia entre tentativas válidas e inválidas, a qual não ocorreria nos grupos não preditivos. Isto se relaciona com o efeito principal quase significativo de preditividade que encontramos na ANOVA de efeito validade para acurácia (dados não mostrados) ($F_{(1;12)}$ = 3,18, p = 0,0997).

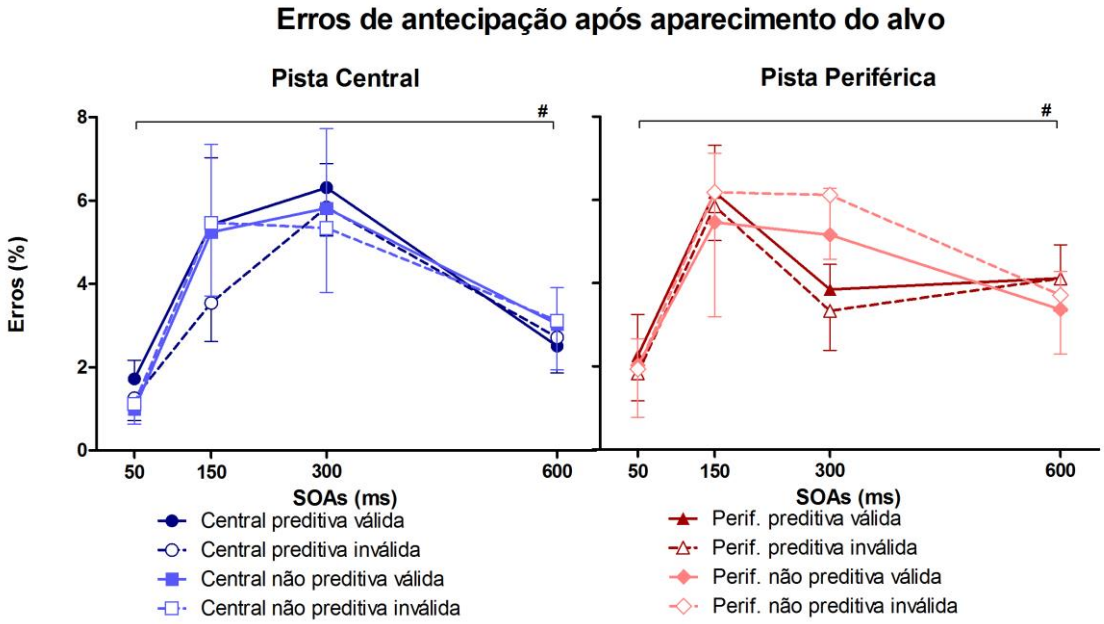
Similarmente aos experimentos anteriores, os 4 grupos experimentais exibiram resultados similares na acurácia nas *Catch trials* (dados não mostrados), sem efeitos nem interações significativas. Contudo, aqui, há uma média de 48,86% de acurácia para os grupos, aparentemente distinta dos experimentos um (71,06%) e dois (65,47%). Isto possivelmente foi causado pois o maior SOA do conjunto de "SOAs" utilizado foi substancialmente menor (600 ms ao invés de 1200 ms) do que o da *Catch trial* (1500 ms).

Na análise de erros de antecipação, a ANOVA revelou efeito principal de SOA ($F_{(1,54;18,51)}$ = 140,94, p < 0,0001). Como esperado, houve aumento da percentagem de erros de

antecipação em função da elevação dos SOAs, similarmente aos experimentos anteriores (dados não apresentados). Este foi o tipo de erro mais numeroso, com 12,35 % em média considerando todos os grupos e condições, contra 3,90% de antecipação após aparecimento do alvo, 1,61% de omissão e 1,35% de comissão.

Em relação aos erros de antecipação após o aparecimento do alvo (Figura 27), observa-se uma frequência de erros em função dos SOAs que originou um padrão de "U" invertido, ou seja, os animais executaram menos erros desse tipo nos SOAs extremos (50 e 600 ms) do que nos SOAs intermediários (150 e 300 ms). Isto foi também revelado na ANOVA, com efeito principal de SOA ($F_{(1,52;18,33)} = 12,97$, $p = 0,0006$), e seu *post hoc* indicando diferenças entre o primeiro e o segundo SOA ($p < ,0001$), entre o terceiro e o quarto SOA ($p = 0,0184$), mas não entre o segundo e o terceiro ($p = 0,5977$).

Figura 27 - Percentagem de erros de antecipação após o aparecimento do alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, no Experimento 3.



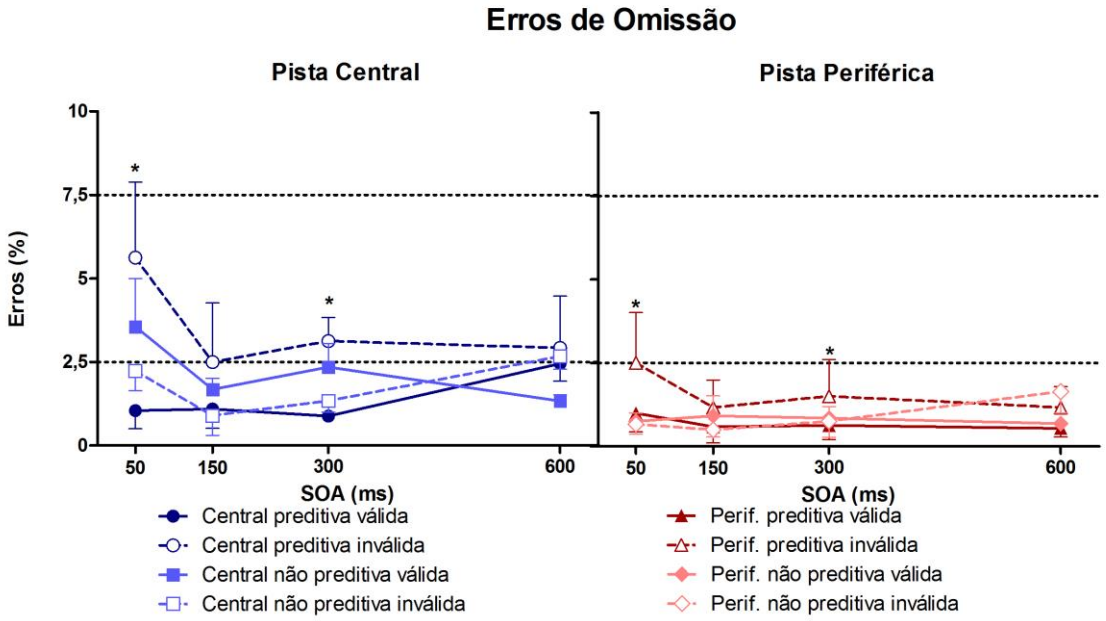
Linhas tracejadas na escala vertical foram adicionadas para facilitar comparações visuais. Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Além do efeito de SOA, a ANOVA revelou uma interação marginalmente significativa entre Validade x Preditividade ($F_{(1;12)} = 3,44$, $p = 0,0881$). O *post hoc* da interação não resultou em diferenças significativas. Uma vez que esse tipo de erro é cometido antes do animal ver o alvo, parece estranho que ocorra a depender da preditividade das pistas associada à sua validade. É possível que a interação reflita o fato de que há menos tentativas

inválidas que válidas nos esquemas não preditivos, similarmente ao que ocorreu na análise de erros de antecipação no primeiro experimento (ver p. 47).

A ANOVA envolvendo erros de omissão resultou em um efeito principal de Validade ($F_{(1;12)}$ = 9,39, p = 0,0098) e interações entre Validade e Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 15,04, p = 0,0021) e SOA, Validade e Preditividade $F_{(3;36)}$ = 4,42, p = 0,0095). Como mostrado na Figura 28, o *post hoc* deste último resultado indica maior percentagem de erros de omissão em tentativas inválidas do que em válidas nos SOAs 50 e 300 ms dos grupos preditivos.

Figura 28 - Percentagem de erros de omissão (da resposta) ao alvo dos animais testados com pistas central ou periférica, preditivas ou não preditivas, válidas ou inválidas, em função do SOA, Experimento 3.



"*" indicam diferenças significativas (*p* < ,05) na percentagem de erros de omissão entre tentativas válidas e inválidas de grupos preditivos, naqueles SOAs indicados, na interação SOA x Validade x preditividade ($F_{(3;36)}$ = 4,42, p = ,0095). Barras representam erro padrão da média. Fonte: Dados experimentais do atual projeto.

Encontramos também um efeito principal de Pista ($F_{(1;12)}$ = 6,01, p = 0,0304) que indica uma maior percentagem de erros nos grupos treinados com pistas centrais em comparação com os grupos treinados com pistas periféricas. Contudo, revelamos uma interação quase significativa entre Validade, Pista e Preditividade ($F_{(1;12)}$ = 4,24, p = 0,0618), a qual daria outro significado ao efeito de Pista; seu *post hoc* indica que o único grupo que apresenta diferença significativa entre a percentagem de erros de válidas e inválidas é o CP. É possível que estes resultados em conjunto indiquem que só haveria de fato uma diferença entre tentativas de diferentes validades nos SOAs de 50 e 300 ms do grupo CP, contudo, como não houve tal interação, isto permanece no campo das especulações.

Por fim, e similarmente aos outros experimentos, não observamos efeitos ou interações nos resultados da análise de erros de comissão (figura não mostrada).

4.3.1 Discussão

Como fizemos na discussão do experimento dois, aqui buscaremos iniciar comentando as semelhanças e diferenças entre este e os outros experimentos, além de comentar como eles se relacionam com dados da literatura.

Primeiramente nossos resultados de TR e seu efeito validade foram muito similares ao que encontramos anteriormente. A mudança do conjunto de SOAs não afetou a maneira com a qual os animais utilizam das pistas para orientarem a atenção aos alvos. Neste experimento encontramos efeitos validade desde o intervalo de 50 ms para os grupos preditivos, o que seria esperado para os grupos periféricos, com base em resultados com humanos e ratos (Rosner & Mittleman, 1996; Jonides, 1981). Tal efeito seria atribuído a uma orientação exógena, que, devido à captação automática da atenção, permitiria a ocorrência de efeitos validade em SOAs curtos. Entretanto, aqui demonstramos que neste SOA já haveria orientação atencional mesmo com pistas centrais preditivas. Isto é impressionante, dado que os efeitos de orientação neste caso são associados à decodificação do significado das pistas (Berger et al, 2005; Jonides, 1981) e que em humanos tais efeitos começam mais tardiamente (Luck & Vecera, 2002). Levantamos a hipótese que tais efeitos no SOA de 50 ms estão relacionados a uma orientação endógena da atenção e que eles ocorreriam em intervalos tão curtos por causa do extenso e repetitivo treinamento a que estes animais são submetidos. Tal argumento ganha força adicional quando revelamos que não há efeito de facilitação para o grupo PNP. A ocorrência de efeito validade neste grupo seria a melhor indicação que ocorreram efeitos isolados de orientação exógena. É possível que encontraríamos facilitação em SOAs curtos do grupo PNP em SOAs ainda menores e, provavelmente, em que demonstraríamos efeitos validade para grupos PP e PNP, mas não em CP, caso o SOA fosse curto o bastante. Disto decorre que, em nosso experimento, não mostramos o efeito específico descrito na literatura no qual a orientação endógena necessita SOAs mais longos para facilitar a detecção dos alvos (Chica et al, 2014; Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002).

Contudo, isto não significa que nossos experimentos não tenham demonstrado a influência de aspectos exógenos da orientação sobre o comportamento dos sujeitos experimentais. Encontramos que grupos com pistas centrais demonstram, em geral, TRs mais longos que aqueles com pistas periféricas. Supostamente isso se deve ao menor tempo

necessário para que a atenção seja orientada com base em pistas periféricas. Isto era apenas uma tendência no primeiro experimento, no segundo passou a ser um efeito quase significativo e no terceiro foi significativo. Desta forma não seria possível ter certeza se tais efeitos se originam do treinamento que os animais foram recebendo ao longo dos experimentos ou de que tal efeito somente surge com o uso de SOAs menores. Em humanos foi demonstrado que pistas centrais geram TR mais longos que o de pistas periféricas em SOAs curtos (Jonides, 1981), mas estudos similares com SOAs longos, ou comparando efeito de SOAs curtos e longos sobre o TR com pistas centrais e periféricas são escassos na literatura, de forma que esta dúvida persiste frente a outros estudos.

Como comentado no fim da discussão do experimento dois (ver p. 72), o experimento três seria uma iniciativa exploratória para avaliar se em SOAs mais curtos nós observaríamos (1) IOR no grupo PNP, (2) facilitação nos SOAs curtos deste mesmo grupo e (3) um SOA no qual há efeito validade para grupos PP mas não no CP, mostrando que uma diferença no tempo necessário para engajar as orientações exógena e endógena da atenção. Como vimos acima os SOAs utilizados não foram suficientemente curtos para demonstrar os dois últimos efeitos. Todavia, para o primeiro, é possível que fatores além do intervalo de SOAs tenham influenciado sua não demonstração. Aqui invocamos mais uma vez a advertência feita por Klein (2000) de que, alternativamente à hipótese que não ocorre IOR em determinado experimento, é necessário considerar que a inibição pode estar presente, mas "invisível" na performance da tarefa. Levantamos a hipótese de que, assim como a humanos, ratos submetidos a treinamento extensivo sofrem diminuição da expressão comportamental de IOR, eventualmente extinguindo-a (Lupiáñez et al, 2001; Weaver et al, 1998).

Os resultados de tempo de movimento deste experimento parecem particularmente interessantes frente aos dos outros dois. Mostramos um quase significativo de SOA, o qual indica uma tendência a que diminua ao longo dos SOAs. Isto indica que quanto maior o SOA, mais rápido os animais se movimentam em direção ao buraco alvo. É possível que isso seja efeito de uma preparação motora geral dos animais, a qual não está relacionada com a validade das pistas.

Contudo, o que chama mais atenção nos resultados de TM é que, diferentemente dos demais, os resultados deste experimento não indicam a existência de um "efeito validade para TM". Ou seja, não houve diferenças entre o TM de tentativas válidas e inválidas. Nos demais experimentos levantamos a hipótese que as pistas, além de propiciarem a orientação da atenção ao local de aparecimento futuro dos alvos, teriam favorecido a formação de planos motores de resposta. No experimento três este plano de resposta baseado na pista

supostamente não estaria sendo confeccionado. Nós supomos que exista uma questão de treino envolvida nisto. Se considerarmos que os animais aprenderam a tarefa utilizando os SOAs do primeiro experimento, podemos dizer que os animais treinaram mais a programar seus movimentos com base naqueles SOAs, provavelmente por isso vimos uma interação entre todos os fatores nele. Já no segundo experimento, com a mudança do primeiro SOA, manteve-se nos três últimos intervalos este efeito validade para TM, porém já não foi significativa (ou ao menos quase significativa) a diferença entre válidas e inválidas no primeiro SOA. No terceiro, com a mudança de todos eles, e com os animais sendo treinados por tempo relativamente curto, é possível que não tenham recebido a quantidade de treinamento necessária para o aparecimento deste efeito.

Os resultados de acurácia foram razoavelmente constantes nos três experimentos, mostrando que pistas válidas facilitaram a correta detecção dos alvos ao passo que as inválidas tiveram o efeito inverso – e com efeito de SOA – mostrando a diminuição da acurácia associada a um aumento dos erros de antecipação.

Os erros de antecipação após aparecimento do alvo parecem sugerir o mesmo que nos experimentos anteriores – que nos grupos não preditivos a expectativa quanto ao momento de aparecimento do alvo aumenta do primeiro para o seguinte de tal forma que os ratos tendem a antecipar suas respostas mais cedo do que nos outros SOAs. Neste caso, como são utilizados SOAs menores e mais próximos entre eles, o efeito que antes ocorria em 400 ms passou a acontecer em 150 e 300 ms.

5 DISCUSSÃO GERAL

|Os resultados obtidos nos três experimentos mostram que ratos apresentam TRs menores quando respondem a alvos precedidos por pistas válidas do que quando respondem a alvos precedidos por pistas inválidas. Este resultado foi obtido quando do uso de pistas centrais e periféricas, em todos os SOAs avaliados (de 50 a 1200 ms), apenas quando o esquema de apresentação destas pistas foi preditivo. Isto gerou robusto efeito validade para tempos de reação positivo nos grupos PP e CP. Esses animais mostraram também um prejuízo na acurácia quando as pistas são inválidas em comparação com quando as pistas são válidas. Esse resultado, por sua vez, tende a dar origem a um efeito validade para acurácia que sugere maior acurácia em tentativas com alvo precedido por pista válida do que em tentativas com alvo precedido por pista inválida.

Essas observações indicam que ratos são capazes de orientar a atenção às pistas auditivas de forma a facilitar a detecção de alvos visuais pendentes quando tais pistas são válidas. De modo complementar, quando estes animais orientam a atenção com base em pistas inválidas demonstraram prejuízos no tempo necessário para detectar o alvo e na acurácia desta detecção. Esses resultados são análogos aos observados em humanos (Chica et al, 2014; Luck & Vecera, 2002), com a ressalva de que em ratos há efeitos de facilitação em SOAs mais curtos do que em humanos. Este resultado foi interpretado como decorrente do treinamento extenso e repetitivo ao qual estes animais foram submetidos. Estudos com macacos (os quais também foram submetidos a treino extenso e repetitivo) obtiveram resultados similares, revelando efeitos de orientação endógena em SOAs mais curtos que os usualmente observados em humanos (Bowman et al, 1993).

O uso de pistas auditivas não preditivas não gerou quaisquer efeitos validade. Este resultado é esperado quando do uso de pistas centrais, pois a ausência de padrão de apresentação entre pista e alvo não motiva os sujeitos experimentais a orientarem a atenção ao local indicado pela pista (Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002). No caso das pistas periféricas não preditivas, a ausência de efeito validade foi inesperada, pois este tipo de pista usualmente gera um efeito bifásico: há um efeito validade positivo em SOAs curtos, atribuído à captação automática (exógena) da atenção, seguido de um efeito validade negativo com o aumento do SOA, denominado IOR (Klein, 2000; Posner & Cohen, 1984). Levantamos a hipótese que a ausência desses efeitos em nosso trabalho ocorreu devido ao treino repetitivo recebido pelos animais. Tais resultados seriam análogos aos que são obtidos em humanos, nos quais o treino repetitivo aliado ao uso de pistas periféricas não preditivas diminui a facilitação causada por

pistas válidas em SOAs curtos, e a IOR em SOAs longos (Lupiáñez et al, 2001; Weaver et al, 1998).

Em comparação com a literatura disponível, a orientação atencional demonstrada em nosso estudo tem características endógenas, pois ocorreu apenas em esquema preditivo de apresentação de pistas (Chica et al, 2014; Jonides, 1981; Luck & Vecera, 2002), causando efeito validade estável nos SOAs entre 50 e 1200 ms. Entretanto, é necessário ressaltar que em decorrência da alta quantidade de pareamentos entre as pistas centrais e periféricas preditivas aos alvos é provável que as pistas utilizadas, biologicamente irrelevantes do ponto de vista da tarefa desempenhada, tenham sido "superaprendidas", similarmente ao que ocorre com o uso de setas direcionais em seres humanos (Ristic et al, 2002). Nestes casos a orientação pode tornar-se reflexiva, principalmente em SOAs mais curtos. Contudo, não se pode descartar a hipótese de que a manutenção desse efeito a SOAs mais longos envolva orientação endógena da atenção.

Hipoteticamente, seria possível avaliar os efeitos de orientação exógena da atenção e de inibição de retorno na tarefa empregada evitando-se pareamentos extensivos entre pista e alvo no grupo PNP. Supostamente, isto poderia ser alcançado com a implementação de uma etapa de modelagem comportamental que permitisse ao animal desenvolver a sequência comportamental necessária para a resposta sem a apresentação de pistas. Assim as pistas seriam implementadas somente quando fosse possível testar seu efeito sobre o aparecimento de alvos pendentes e não durante a etapa de modelagem comportamental, como é feito comumente em ratos (ver Rosner & Mittleman, 1996; Ward & Brown, 1996; Wagner et al, 2014).

Ademais, demonstramos que grupos expostos a pistas centrais apresentam TRs globalmente maiores que aqueles observados em grupos expostos a pistas periféricas.

Por um lado, tendo em conta os resultados do Experimento 1, a tendência parece indicar que os animais respondem mais rapidamente na tarefa com pistas periféricas preditivas do que com pistas centrais preditivas. Nesse sentido, é razoável levantar a hipótese que, como os animais foram estimulados com estímulos periféricos ao longo da infância, ganharam facilidade para orientar a atenção para estímulos sonoros cuja fonte é identificada, isto é, com pistas periféricas, se comparado com a orientação com pistas centrais.

Por outro lado, considerando os resultados do Experimento 3, os grupos CP e CNP apresentam TRs globalmente maiores que os grupos PP e PNP, ou seja, pistas periféricas, independentemente de sua preditividade, geram TR menores que pistas centrais. Isto parece sugerir que as pistas periféricas tenham características que geram esses TRs menores. Uma

possibilidade é a de que sons apresentados unilateralmente (pistas periféricas) sejam mais eficientes que estímulos sonoros bilaterais (pistas centrais) em promover um estado de vigilância aumentada, promovendo respostas mais rápidas. Outra possibilidade é que haveria a ocorrência de efeitos exógenos de orientação nos grupos periféricos, mesmo na ausência de efeitos validade para TR no grupo PNP. Tais efeitos de orientação exógena ocorreriam em SOAs menores que 50 ms, possivelmente causando efeito validade nos grupo periféricos em SOA mais curto que 50 ms. A partir do SOA de 50 ms, no grupo PP, devido à preditividade das pistas, haveria o engajamento da orientação endógena da atenção, com a geração de efeitos validade positivos. Já no grupo PP, os efeitos exógenos se dissipariam devido à ausência de preditividade nas pistas; o que hipoteticamente explica porque nós não demonstramos efeitos de facilitação em SOAs curtos neste grupo. Tendo em conta que pistas fornecem informação não só sobre onde o alvo está, mas também de quando vai ocorrer (Fernandez-Duque & Posner, 1997), apesar de não gerar efeitos validade nos SOAs seguintes, essa captação exógena estimularia os animais a permanecerem mais atentos ao momento de aparição do alvo, respondendo mais rapidamente a eles do que nos grupos centrais.

É possível, além disto, que tanto a facilidade que esses animais têm em responder a pistas periféricas, tanto a ocorrência de captação exógena da atenção, tenham interagido para gerar os efeitos observados. Mais experimentação seria necessária para aclarar tais questões.

Em suma, considerando os objetivos específicos deste trabalho – e fazendo referência a eles – o conjunto de resultados obtidos neste estudo permitem afirmar que:

a) foi possível implementar uma versão do teste de atenção encoberta de Posner para ratos, com pistas auditivas e alvos visuais, análoga à versão em humanos. Isso torna a investigação da orientação endógena e exógena da atenção mais acessível nestes animais.
b) com o desenho experimental atual foi possível investigar o curso temporal da orientação endógena da atenção – mas não o da exógena – quando do uso de pistas centrais e periféricas, nos SOAs entre 50 ms e 1200 ms.
c) há analogia entre o comportamento de orientação visioespacial da atenção de ratos e humanos na tarefa de orientação encoberta da atenção. Esta analogia foi demonstrada em estudos anteriores, em termos de orientação exógena (exceto na demonstração de IOR). Neste trabalho, pela primeira vez na literatura, demonstramos que, efetivamente, estes animais também são capazes de orientar a atenção de forma endógena.

Sob a luz da literatura corrente, esses achados trazem significativa contribuição para a essa área de estudos.

A tarefa de orientação encoberta da atenção foi adaptada para ratos inicialmente por Rosner e Mittleman (1996), permitindo avaliar a influência de pistas visuais periféricas (luzes fracas) sobre a detecção de alvos visuais (luzes fortes). Nestes moldes, a tarefa permite muito bem a avaliação de efeitos exógenos de orientação atencional (Phillips et al., 2000; Weese et al., 1999), dando ensejo, inclusive, à demonstração de efeitos possivelmente endógenos da orientação da atenção com este tipo de pista (Marote & Xavier, 2011). Entretanto, tal modelo experimental dificulta a utilização de pistas centrais nestes animais.

No presente experimento, optamos por utilizar pistas auditivas porque elas possibilitam (1) avaliar os aspectos de orientação exógena da atenção com pistas periféricas – bips de 5kHz ou 8kHz apresentados na esquerda ou direita, sendo que o lado de apresentação, e não a frequência, constitui a pista. Além disto (2) possibilitariam explorar a orientação da atenção a pistas centrais – bips de 5kHz ou 8kHz apresentados bilateralmente; neste caso, cada frequência indica um lado – com potencial para investigar com mais profundidade efeitos de orientação endógena. Destarte, pode-se avaliar a orientação endógena e exógena da atenção de forma comparável, utilizando os mesmos estímulos. Isto é uma vantagem do ponto de vista experimental quando comparado com a tarefa com pista visual. Este estudo é o primeiro de nosso conhecimento que utiliza pistas auditivas e alvos visuais numa tarefa de orientação da atenção em ratos.

As frequências utilizadas foram selecionadas com base na literatura em audiogramas da espécie de roedor que escolhemos (Heffner et al.,1994; Heffner et al., 2001). Ambas estão numa faixa de alta sensibilidade auditiva (i.e. são detectadas mesmo utilizando baixas intensidades sonoras) e estão suficientemente distantes uma da outra para não serem confundidas. Além disso, como ratos são expostos a sons ambientais desde o nascimento, reagindo direcionalmente aos mesmos parece defensável utilizar esse tipo de estímulo tanto como pista periférica, quando sua localização (direita ou esquerda) é identificável, quanto como pista central, quando sua frequência é discriminável.

Ainda em relação aos experimentos anteriores com ratos e humanos, nosso trabalho teve o diferencial de ajustar a luminosidade dos estímulos alvo ao limiar de detecção de cada rato. Tal estratégia dificulta a detecção e exige dos animais máximo engajamento atencional para localizar os alvos, supostamente ampliando os efeitos atencionais observados.

Ward e Brown (1996) observaram que SOAs maiores aumentam a probabilidade de respostas antecipatórias. Esse mesmo efeito foi observado nos estudos de Marote e Xavier

(2011) e Weese et al. (1999), e corroborado também pelos nossos resultados. Porém, é interessante notar que em comparação com o estudo de Matore e Xavier (2011), cujos SOAs são os mesmos em relação aos do Experimento 1, o presente experimento gerou menos erros de antecipação. Enquanto que obtivemos cerca de 20% de tentativas com erros de antecipação no SOA de 1200 ms, aqueles autores demonstraram cerca de 40% de tentativas com erros desse tipo no mesmo SOA. É possível que tal diferença se dê pela implementação de *Catch trials* no presente estudo. Supostamente as *Catch trials* reduzem a probabilidade que os sujeitos experimentais antecipem suas respostas nas tentativas com alvo (Klein, 2000; Luck e Vecera, 2002). Essa comparação corroboraria tal afirmação. Entretanto, é importante notar que os estudos utilizaram pistas de diferentes modalidades, o que pode ter influenciado a ocorrência de tais respostas antecipatórias. Uma maneira de aquilatar de maneira mais completa o efeito das *Catch trials* nestes animais seria implementar este tipo de tentativa numa tarefa com pistas visuais (ou retirar a *Catch trial* da tarefa com pistas auditivas).

No geral, a tarefa de orientação encoberta em ratos apresenta um série de vantagens interessantes para a investigação da atenção nestes animais. A nossa escolha por ela se fundamentou em três pontos essenciais:

a) toda a condição de estimulação perceptual a direita ou esquerda é controlada e balanceada, permitindo orientar a atenção ora para a direita ora para a esquerda, tanto em condições válidas como inválidas. Como o que importa é a validade das pistas e não o lado em que foram apresentadas, e do ponto de vista perceptual a estimulação é relativamente constante, isso permite descartar que as diferenças sejam decorrentes de fatores sensoriais. O mesmo raciocínio se aplica às respostas motoras. Isso permite separar o fator atencional dos fatores perceptuais e motores, tornando a atenção mais facilmente investigável.
b) já existiam relatos na literatura do uso deste tipo de teste com ratos (Rosner e Mittleman, 1996; Ward e Brown, 1996; Marote e Xavier, 2011; Wagner et al., 2014), contudo, sem ainda dissecar por completo as nuances do efeito atencional passíveis de serem demonstradas neste tipo de experimento. Como visto, neste teste, a depender das manipulações feitas, pode-se explorar ou o componente endógeno, ou o exógeno da orientação da atenção. A maioria dos trabalhos publicados avaliam somente o componente exógeno. Este trabalho se propôs avaliar e comparar ambos;
c) testes análogos são empregados regularmente em humanos (vide Posner e Cohen, 1984; Wright e Richard, 2000; Berger et al., 2005; Bartolomeo et al.,

2007), o que proporciona abundância de material para ser comparado com os resultados obtidos nos experimentos envolvendo ratos.

Além disso, a tarefa mostrou-se a mais adequada para avaliar aspectos seletivos da orientação atencional, os quais se alinham com nossos objetivos. Existem outras tarefas que se dispõem a avaliar atenção nestes animais. Um exemplo é a tarefa de tempo de reação serial de cinco escolhas (5CSRTT, do inglês *5-choice serial reaction time task*). Ela foi concebida principalmente para o estudo de síndromes do tipo transtorno do déficit de atenção e hiperatividade e concentra-se em avaliar a direção e eficiência de comportamentos emitidos com base processos perceptuais diretamente relacionados a atenção (Robbins, 2002). Apesar de poder ser usada para avaliar aspectos seletivos da orientação atencional, as resposta motora que o animal deve emitir são muito distintas entre os 5 buracos alvo. Potencialmente, este fato poderia causar confusão nos aspectos perceptuais e motores da emissão de respostas. Por outro lado, a emissão da resposta na tarefa de orientação encoberta da atenção é equivalente para os dois buracos alvo possíveis, o que possivelmente permite o dissociar aspectos perceptuais e motores da resposta mais facilmente.

Considerando a comparação de resultados obtidos em modelos animais com aqueles de experimentos em humanos, nossa tarefa se constitui de importante avanço. Demonstramos que ratos são capazes de utilizar pistas centrais para responder mais rapidamente a um alvo pendente, de forma análoga a humanos (Luck & Vecera, 2002) e macacos (Bowman et al, 1993). Isto amplia as possibilidades de investigação da neurobiologia da orientação da atenção com o emprego de ratos, um modelo animal mais acessível do que primatas não humanos, facilitando estudos envolvendo as bases neurofisiológicas da atenção por meio de registros eletrofisiológicos e/ou de aplicação tópica de drogas em regiões circunscritas do sistema nervoso.

Um exemplo de aplicação de ratos na avaliação da neurobiologia do fenômeno atencional é o estudo de Phillips e colaboradores (2000). Estes autores demonstraram que a administração sistêmica de um agonista colinérgico (nicotina) diminuiu seletivamente o TR de tentativas inválidas extinguindo o efeito validade numa tarefa com pistas visuais periféricas não preditivas (orientação exógena). Similarmente, a administração sistêmica de um antagonista (escopolamina) diminuiu ainda mais o tempo de reação para tentativas inválidas, aumentando os efeitos validade observados. Dentre as possibilidades ensejadas pelos nossos achados está, por exemplo, o uso destas mesmas drogas na avaliação de feitos de orientação endógena da atenção.

Apesar das contribuições de nosso estudo e vantagens da tarefa, é imprescindível, por fim, apontar as limitações deste estudo.

Como descrito, tivemos bastante cautela no que diz respeito à intensidade da luz utilizada nos estímulos alvo, ajustando-a ao limiar de detecção de cada animal. Entretanto, não ajustamos o volume das pistas utilizadas de forma a garantir que as pistas fossem confortáveis para os animais. A ausência deste ajuste não constitui-se de restrição aos nossos resultados, já que não é direcionado a ampliar efeitos atencionais, como o ajuste da luminosidade dos alvos.

Em relação ao nosso desenho experimental no uso da tarefa de orientação encoberta para ratos, uma limitação clara foi o uso dos mesmos animais nos experimentos 1, 2 e 3. Essa foi uma estratégia utilizada para "ganhar tempo", explorando um outro grupo de SOAs sem a necessidade de investir tempo treinando um outro lote de animais exclusivamente para isto. Possivelmente os resultados obtidos nos experimentos 2 e 3 foram influenciados pelos SOAs utilizados no(s) experimento(s) anterior(es). Hipoteticamente pode-se considerar que se um lote de animais independente tivesse sido utilizado para cada um dos experimentos 2 e 3 os resultados poderiam diferir sensivelmente dos obtidos neste trabalho. Contudo, considera-se que as diferenças não seriam fundamentais a ponto de alterar totalmente os resultados.

Levanta-se a hipótese, por exemplo, que a quantidade de erros de antecipação no Experimento 3 seria muito mais baixa caso fosse um grupo independente de animais. Provavelmente o aumento da percentagem de erros deste tipo do Experimento 1 para o 3 tem relação com a diminuição dos quatro SOAs experimentais com a manutenção das *catchs trials* no mesmo "SOA" (1500 ms). Supostamente a tendência natural que esses animais exibem em antecipar suas respostas faria que, caso já estivessem acostumados a um esquema no qual existem dois SOAs longos (1200 ms e 1500 ms) aumentassem a quantidade de respostas antecipatórias num esquema onde só há apenas um SOA longo (o de 1500 ms da *Catch trial*).

Em nosso estudo, 40% dos animais que empregamos inicialmente não conseguiram atingir um desempenho satisfatório para entrarem em fase de testes. A maioria dos animais foi excluída do experimento pela grande quantidade de respostas antecipatórias que faziam, o suficiente para que a acurácia das sessões não alcançasse o critério de inclusão destes animais na fase de testes do experimento. Não está claro se este fator é inerente a este tipo de tarefa, ou se foi uma ocorrência específica deste estudo. Diante da observação que outros trabalhos na literatura geralmente não apresentam tal informação (Marote & Xavier, 2011; Phillips et al 2000; Rosner & Mittleman, 1996; Wagner et al, 2014; Ward & Brown, 1997), somente

quando a exclusão de animais parece decorrer de complicações cirúrgicas (Ward et al, 1998; Weese et al, 1999), torna-se difícil avaliar tal questão.

Em decorrência da “perda” de 40% dos animais, o *n* experimental de nosso trabalho foi relativamente baixo. No Experimento 1 foi possível manter o número de animais de cada grupo acima de cinco, porém nos Experimentos 2 e 3 só foi possível manter um *n* mínimo de 3 animais por grupo. Isto comprometeu principalmente o contrabalanceamento do oferecimento de pistas de 5 kHz e 8 kHz no grupo central preditivo, de forma a garantir que aproximadamente metade dos animais executassem a tarefa com a pista de 5 kHz indicando esquerda e a de 8 kHz direita, enquanto a outra metade faria a tarefa com a pista de 5 kHz indicando direita e a de 8 kHz esquerda.

Finalmente, como em toda tarefa que utiliza condicionamento operante, a nossa envolveu um período de modelagem comportamental relativamente extenso. Desde a etapa de preparação do experimento até a finalização da mensuração de dados o protocolo experimental leva em média 60 sessões experimentais, tomando cerca de 3 a 4 meses para ser finalizado. Não se sabe se a idade dos animais ao longo deste tipo de experimento influencia os resultados, porém a influência não deve ser significativa, uma vez que são utilizados ratos adultos nos experimentos. De toda maneira, neste sentido, sugere-se que estudos posteriores busquem reduzir o tempo necessário para a execução do protocolo experimental, aprimorando a etapa de modelagem comportamental de forma a mitigar a eventual influência de tais fatores e tornar mais eficiente a captação de dados através dessa tarefa.

6 CONCLUSÕES

1. Ratos são capazes de orientar a atenção visual endogenamente pelo emprego de pistas auditivas centrais e periféricas, apresentando benefícios em tempo de reação e acurácia quando os alvos visuais foram precedidos por pistas válidas em relação a quando os alvos foram precedidos por pistas inválidas, em tempos de SOAs entre 50 a 1200 ms.
2. Pistas periféricas auditivas geram TRs menores quando comparados com pistas centrais auditivas. O atual conjunto de resultados não permitiu aquilatar as razões de tal diferença, de forma que mais estudos são necessários para avaliar essa questão.
3. A tarefa de orientação encoberta utilizando pistas auditivas apresenta claras vantagens em relação à tarefa com pistas visuais quando a orientação endógena da atenção é o objeto de estudo.
4. Ratos exibiram comportamento de orientação da atenção visioespacial análogo ao de seres humanos. Tal fato abre novas possibilidades para o estudo da neurobiologia da atenção utilizando-se ratos como modelo animal.

7 RESUMO

Foi investigado o curso temporal da orientação da atenção numa tarefa de orientação encoberta adaptada para ratos. A tarefa envolveu a avaliação do efeito de pistas auditivas centrais e periféricas, preditivas ou não preditivas, sob o tempo de reação a alvos visuais apresentados à direita ou à esquerda do campo visual. Foram utilizados tempos entre pista e alvo (SOAs) entre 50 a 1200 ms. Pistas centrais consistiram em bipes de 5 ou 8 kHz reproduzidos em ambos ouvidos concomitantemente. Neste caso a frequência do bipe indicava o lado para o qual a atenção deveria ser orientada. Pistas periféricas constituíram-se de bipes de 5 ou 8 kHz, apresentados individualmente no ouvido esquerdo ou direito. Neste caso o lado da apresentação do estímulo indicava a direção para a qual o animal deveria orientar a atenção. Esses estímulos foram apresentados de forma preditiva – em 80% das tentativas as pistas indicavam corretamente a localização do alvo (tentativas válidas) e em 20% o indicavam incorretamente (tentativas inválidas) – ou não preditiva – 50% de tentativas válidas e 20% de tentativas inválidas – a depender do grupo. Vinte e quatro ratos Wistar machos, com 3 meses no início dos experimentos, divididos em quatro grupos experimentais independentes – Central Preditivo (CP), Central Não Preditivo (CNP), Periférico Preditivo (PP) e Periférico Não Preditivo (PNP) – foram empregados. Os resultados mostram que animais dos grupos preditivos (CP e PP) respondem mais rapidamente e de forma mais precisa em tentativas válidas do que em tentativas inválidas, ao passo que animais em grupos não preditivos (CNP e PNP) respondem da mesma maneira em tentativas válidas ou inválidas. Esses resultados indicam de estes animais foram capazes de orientar a atenção de forma endógena, de forma análoga a seres humanos, sugerindo que ratos podem ser empregados amplamente como modelo animal na avaliação das orientações endógena e exógena da atenção.

8 *ABSTRACT*

Orienting of visual attention was investigated in rats using a 3-hole nose-poke task analogous to the covert attention task for humans. The task involved evaluation of the effects of either central or peripheral auditory cues, presented either predictively or non-predictively on reaction times to a visual target presented either to the left or to the right sides of the visual field; stimuli-onset asynchronies (SOAs) varied from 50 to 1200 ms. Central cues were either 5 or 8 KHz auditory stimuli, released on both ears concomitantly. In this case, the frequency indicated the side to which attention should be oriented to. Peripheral cues were 5 and 8 KHz auditory stimuli presented individually either to the left or to the right ears. In this case, the sound source indicated to which side attention should be oriented to. These stimuli were presented either predictively – 80% of cues predicted the target's location correctly (valid trials) and 20% of cues predicted it incorrectly (invalid trials) – or non-predictively – 50% of valid trials and 50% invalid trials – depending on the group. Twenty-four male Wistar rats, 3 month-old at the beginning of the experiment, divided in four independent groups – Central Predictive (CP), Central Non-Predictive (CNP), Peripheral Predictive (PP) and Peripheral Non-Predictive (PNP) – were employed. Animals on predictive groups (CP and PP) showed faster and more accurate responses on valid trials than on invalid trials, while non-predictive groups (CNP and PNP) didn't show any differences on reaction times and accuracy in valid as compared to invalid trials. These results indicate that rats do orient attention endogenously, analogously to humans. This suggests that these animals may be employed as animal model to the study of endogenous and exogenous orienting of attention.

REFERÊNCIAS

Arduino. (2017). What is Arduino? Recuperado 20 de maio de 2017, de https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

Bartolomeo, P., Decaix, C., & Siéroff, E. (2007). The phenomenology of endogenous orienting. Consciousness and Cognition, 16(1), 144–161. http://doi.org/10.1016/j.concog.2005.09.002

Berger, A., Henik, A., & Rafal, R. (2005). Competition Between Endogenous and Exogenous Orienting of Visual Attention. Journal of Experimental Psychology: General, 134(2), 207–221. http://doi.org/10.1037/0096-3445.134.2.207

Bowman, E. M., Brown, V. J., Kertzman, C., Schwarz, U., & Robinson, D. L. (1993). Covert orienting of attention in macaques. I. Effects of behavioral context. Journal of neurophysiology, 70(1), 431–43. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8360720

Briggs, F., Mangun, G. R., & Usrey, W. M. (2013). Attention enhances synaptic efficacy and the signal-to-noise ratio in neural circuits. Nature, 499, 476–480. http://doi.org/10.1038/nature12276

Broadbent, D. E. (1958). Perception and communication. Oxford: Pergamon Press.

Bueno, V. F., & Ribeiro-do-Valle, L. E. (2012). Effects of visual and auditory stimuli in a choice reaction time task. Psychology & Neuroscience, 5(2), 199–205. http://doi.org/10.3922/j.psns.2012.2.10

Bushnell, P. J. (1995). Overt orienting in the rat: parametric studies of cued detection of visual targets. Behav Neurosci, 109(6), 1095–1105. http://doi.org/10.1037//0735-7044.109.6.1095

Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. The Journal of the Acoustical Society of America, 25(5), 975–979. http://doi.org/10.1121/1.1907229

Chica, A. B., & Lupiáñez, J. (2009). Effects of endogenous and exogenous attention on visual processing: An Inhibition of Return study. Brain Research, 1278, 75–85. http://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.04.011

Chica, A. B., Martín-Arévalo, E., Botta, F., & Lupiáñez, J. (2014). The Spatial Orienting paradigm: How to design and interpret spatial attention experiments. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 40, 35–51. http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.01.002

Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain. Nature Reviews Neuroscience, 3(3), 201–215. http://doi.org/10.1038/nrn755

Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some Theoretical Considerations. Psychological Review, 70(1), 80–90. http://doi.org/10.1037/h0039515

Eason, R. G., Harter, M. R., & White, C. T. (1969). Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials and reaction time in man. Physiology & Behavior, 4(3), 283–289. http://doi.org/10.1016/0031-9384(69)90176-0

Farah, M. J., Wong, A. B., Monheit, M. A., & Morrow, L. A. (1989). Parietal lobe mechanisms of spatial attention: Modality-specific or supramodal? Neuropsychologia, 27(4), 461–470.

Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. Neuropsychologia, 35(4), 477–486. http://doi.org/10.1016/S0028-3932(96)00103-0

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Magun, G. R. (2014). Cognitive neuroscience: The biology of the mind (4o ed). New York: W. W. Norton.

Girden, E. R. (1992). ANOVA: repeated measures. In E. R. Girden (Org.), Sage University Papers Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 84 (2o ed, p. 77). Thousand Oaks: SAGE.

Gray, J. A., & Wedderburn, A. A. I. (1960). Shorter articles and notes grouping strategies with simultaneous stimuli. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 12(3), 180–184. http://doi.org/10.1080/17470216008416722

Heffner, H. E., Heffner, R. S., Contos, C., & Ott, T. (1994). Audiogram of the hooded Norway rat. Hearing Research, 73, 244–247.

Heffner, R. S. (1997). Comparative Study of Sound Localization and its Anatomical Correlates in Mammals. Acta Oto-Laryngologica, 117(sup532), 46–53. http://doi.org/10.3109/00016489709126144

Helmholtz, H. von. (1925). Helmholtz ’s Treatise on physiological optics. (J. P. C. Southall, Org.) (vol III). The Optical Society of America. Recuperado de http//psych.upenn.edu/backuslab/helmholtz

Hommel, B., Pratt, J., Colzato, L., & Godijn, R. (2001). Symbolic Control of Visual Attention. Psychological Science, 12(5), 360–365. http://doi.org/10.1111/1467-9280.00367

Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., & Mangun, G. R. (2000). The neural mechanisms of top-down attentional control. Nature neuroscience, 3(3), 284–291. http://doi.org/10.1038/72999

Hopfinger, J. B., & Mangun, G. R. (2001). Tracking the influence of reflexive attention on sensory and cognitive processing. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 1(1), 56–65. http://doi.org/10.3758/CABN.1.1.56

James, W. (1890). The Principles of Psychology. New York: Henry Holt and Company.

Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind’s eye’s movement. Attention and Performance XI, 187–283.

Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. Trends in Cognitive Sciences, 4(4), 138–147. http://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01452-2

Luck, S. J., & Vecera, S. P. (2002). Attention. In H. Pashler & S. Yantis (Orgs.), Stevens's handbook of experimental psychology (3o ed, p. 235–286). Jonh Wiley & Sons, Inc.

Luck, & Magun. (2009). Introduction. In M. S. Gazzaniga (Org.), The cognitive neurosciences (4o ed, p. 185–187). Cambrigde: MIT Press.

Lupiáñez, J., Martín-Arévalo, E., & Chica, A. B. (2013). Is Inhibition of Return due to the inhibition of the return of attention? Psicológica, 34, 221–252.

Lupiáñez, J., Weaver, B., Tipper, S. P., & Madrid, E. (2001). The effects of practice on cueing in detection and discrimination tasks. Psicológica, 22(1), 1–23.

Maaswinkel, H., & Whishaw, I. Q. (1999). Homing with locale, taxon, and dead reckoning strategies by foraging rats: sensory hierarchy in spatial navigation. Behavioural Brain Research, 99(2), 143–152. http://doi.org/10.1016/S0166-4328(98)00100-4

Marote, C. F. O., & Xavier, G. F. (2011). Endogenous-like orienting of visual attention in rats. Animal Cognition, 14(4), 535–544. http://doi.org/10.1007/s10071-011-0388-3

Marotta, A., Lupiáñez, J., Martella, D., & Casagrande, M. (2012). Eye gaze versus arrows as spatial cues: Two qualitatively different modes of attentional selection. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 38(2), 326–335. http://doi.org/10.1037/a0023959

Martín-Arévalo, E., Kingstone, A., & Lupiáñez, J. (2013). Is "Inhibition of Return" due to the inhibition of the return of attention? The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 66(2), 347–359. http://doi.org/10.1080/17470218.2012.711844

McCormick, P. A. (1997). Orienting attention without awareness. Journal of experimental psychology. Human perception and performance, 23(1), 168–80. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9157183

Meyer, D. E., Osman, A. M., Irwin, D. E., & Yantis, S. (1988). Modern mental chronometry. Biological psychology, 26(1–3), 3–67. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3061480

Moran, J., & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. Science (New York, N.Y.), 229(4715), 782–4. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4023713

Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 11(1), 56–60. http://doi.org/10.1080/17470215908416289

Nahas, T. R., & Xavier, G. F. (2004). Neurobiologia da atenção visual. In A. S. Bueno (Org.), Neuropsicologia Hoje (1o ed). Brasil: Artes Médicas.

Pestana, M. C., Dziabas, M. C. C., Garcia, E. M., Santos, M. F. dos, Nascimento, M. M., & Cardoso, S. C. (2016). Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte II (APA). (V. M. B. de O. Funaro, Org.) (3.ed. rev.). São Paulo: Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas. http://doi.org/10.11606/9788573140576

Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. Annual Review of Neuroscience, 35(1), 73–89. http://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525

Phillips, J. M., McAlonan, K., Robb, W. G. K., & Brown, V. J. (2000). Cholinergic neurotransmission influences covert orientation of visuospatial attention in the rat. Psychopharmacology, 150(1), 112–116. http://doi.org/10.1007/s002130000437

Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma & D. Bouwhuis (Orgs.), Attention and Performance X (p. 531–556). London: Lawrence Erlbaum.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 32(1), 3–25. http://doi.org/10.1080/00335558008248231

Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. L. Pick & I. J. Saltzman (Orgs.), Modes of Perceiving and Processing Information. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Ristic, J., Friesen, C. K., & Kingstone, A. (2002). Are eyes special? It depends on how you look at it. Psychonomic Bulletin & Review, 9(3), 507–513. http://doi.org/10.3758/BF03196306

Robbins, T. (2002). The 5-choice serial reaction time task: behavioural pharmacology and functional neurochemistry. Psychopharmacology, 163(3–4), 362–380. http://doi.org/10.1007/s00213-002-1154-7

Rosner, A. L., & Mittleman, G. (1996). Visuospatial attention in the rat and posterior parietal cortex lesions. Behavioural Brain Research, 79(1–2), 69–77. http://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00263-4

Spence, C., Lloyd, D., McGlone, F., Nicholls, M. E. R., & Driver, J. (2000). Inhibition of return is supramodal: a demonstration between all possible pairings of vision, touch, and audition. Experimental Brain Research, 134(1), 42–48. http://doi.org/10.1007/s002210000442

Treisman, A. M. (2009). Attention: Theoretical and Psychological Perspectives. In M. Gazzaniga (Org.), The cognitive neurosciences (4o ed, p. 189–204). Cambrigde: MIT Press.

Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 12(4), 242–248. http://doi.org/10.1080/17470216008416732

Treisman, A. M., & Riley, J. G. (1969). Is selective attention selective perception or selective response? A further test. Journal of Experimental Psychology, 79(1, Pt.1), 27–34. http://doi.org/10.1037/h0026890

Wagner, U., Baker, L., & Rostron, C. (2014). Searching for inhibition of return in the rat using the covert orienting of attention task. Animal Cognition, 17(5), 1121–1135. http://doi.org/10.1007/s10071-014-0745-0

Ward, N. M., Sharkey, J., Marston, H. M., & Brown, V. J. (1998). Simple and choice reaction-time performance following occlusion of the anterior cerebral arteries in the rat. Experimental Brain Research, 123(3), 269–281. http://doi.org/10.1007/s002210050569

Ward, N. M., & Brown, V. J. (1996). Covert orienting of attention in the rat and the role of striatal dopamine. The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, 16(9), 3082–8. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8622137

Ward, N. M., & Brown, V. J. (1997). Deficits in response initiation, but not attention, following excitotoxic lesions of posterior parietal cortex in the rat. Brain research, 775(1–2), 81–90. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9439831

Weaver, B., Lupiáñez, J., & Watson, F. L. (1998). The effects of practice on object-based, location-based, and static-display inhibition of return. Perception & psychophysics, 60(6), 993–1003. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9718958

Weese, G. D., Phillips, J. M., & Brown, V. J. (1999). Attentional orienting is impaired by unilateral lesions of the thalamic reticular nucleus in the rat. The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, 19(22), 10135–9. Recuperado de http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10559421

Wright, R. D., & Richard, C. M. (2000). Location cue validity affects inhibition of return of visual processing. Vision Research, 40(17), 2351–2358. http://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00085-7

ANEXO A – APRECIAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências

www.ib.usp.br

OF.CEUA/IB/035/2014
Processo nº 2014.1.763.41.7

São Paulo, 17 de dezembro 2014

Prezado Senhor,

Dirijo-me a V.Sa. para informar que a Comissão de Ética no Uso de Animais do IB (CEUA), em reunião realizada no dia 16 de dezembro de 2014, **APROVOU** o Projeto "Orientação encoberta da atenção em ratos" - **Protocolo 205/2014**, de sua responsabilidade (Colaborador: Mateus Torres Cruz).

O pesquisador responsável deverá comunicar a esta Comissão qualquer alteração e/ou intercorrência que houver durante a realização da pesquisa.

Lembramos que deverão ser apresentados os relatórios anuais ou final, conforme modelo disponível no link desta Comissão.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Mariz Vainzof
Coordenadora da Comissão de Ética no
Uso de Animais do IB (CEUA)

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. GILBERTO FERNANDO XAVIER
Departamento de Fisiologia - IB

Rua do Matão • Travessa 14 • nº 321 • Cidade Universitária • São Paulo • SP • CEP 05508-090 • Brasil

APÊNDICE A – TABELAS COM RESUMO DOS EFEITOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Tabela 1 - Resumo dos efeitos e interações das ANOVAS do experimento um.

Efeitos e interações	Tempo de reação (TR)	Efeito validade para TR	Acurácia (ACC)	Efeito validade para ACC	Tempo de movimento (TM)
Pista	F(1,20) = 1,07 ,p = 0,3135	F(1,20) = 0,25 ,p = 0,6217	F(1,20) = 0,02 ,p = 0,8857	F(1,20) = 0,86 ,p = 0,3654	F(1,20) = 0,19 ,p = 0,6703
Preditividade	F(1,20) = 0,01 ,p = 0,9255	**F(1,20) = 32,46 ,p <,0001**	F(1,20) = 0,05 ,p = 0,8339	**F(1,20) = 18,24 ,p = 0,0004**	F(1,20) = 1,03 ,p = 0,3231
Pista*Preditividade	F(1,20) = 0,26 ,p = 0,6124	F(1,20) = 0,24 ,p = 0,6290	F(1,20) = 0,29 ,p = 0,5958	F(1,20) = 0,58 ,p = 0,4569	F(1,20) = 0,94 ,p = 0,3437
SOA	**F(3,60) = 13,80 ,p = 0,0001**	F(3,60) = 0,88 ,p = 0,4499	**F(3,60) = 31,67 ,p <,0001**	F(3,60) = 1,57 ,p = 0,2083	F(3,60) = 2,21 ,p = 0,1448
SOA*Pista	F(3,60) = 0,36 ,p = 0,6539	**F(3,60) = 4,79 ,p = 0,0058**	F(3,60) = 0,92 ,p = 0,3703	F(3,60) = 0,39 ,p = 0,7457	F(3,60) = 0,28 ,p = 0,6583
SOA*Preditividade	F(3,60) = 1,46 ,p = 0,2465	F(3,60) = 1,01 ,p = 0,3922	F(3,60) = 0,17 ,p = 0,7401	F(3,60) = 0,68 ,p = 0,5581	F(3,60) = 0,63 ,p = 0,4740
SOA*Pista*Preditividade	F(3,60) = 0,21 ,p = 0,7634	F(3,60) = 0,18 ,p = 0,8985	F(3,60) = 0,03 ,p = 0,9183	F(3,60) = 1,47 ,p = 0,2344	F(3,60) = 0,51 ,p = 0,5285
Validade	**F(1,20) = 49,31 ,p <,0001**	-	**F(1,20) = 9,96 ,p = 0,0050**	-	**F(1,20) = 3,07 ,p = 0,0949**
Validade*Pista	F(1,20) = 0,25 ,p = 0,6217	-	F(1,20) = 0,86 ,p = 0,3654	-	F(1,20) = 0,34 ,p = 0,5685
Validade*Preditividade	**F(1,20) = 32,46 ,p = <,0001**	-	**F(1,20) = 18,24 ,p = 0,0004**	-	**F(1,20) = 4,31 ,p = 0,0510**
Validade*Pista*Preditividade	F(1,20) = 0,24 ,p = 0,6290	-	F(1,20) = 0,58 ,p = 0,4569	-	F(1,20) = 0,22 ,p = 0,6448
SOA*Validade	F(3,60) = 0,88 ,p = 0,4499	-	F(3,60) = 1,57 ,p = 0,2083	-	F(3,60) = 1,54 ,p = 0,2147
SOA*Validade*Pista	**F(3,60) = 4,79 ,p = 0,0058**	-	F(3,60) = 0,39 ,p = 0,7457	-	**F(3,60) = 4,19 ,p = 0,0106**
SOA*Validade*Preditividade	F(3,60) = 1,01 ,p = 0,3922	-	F(3,60) = 0,68 ,p = 0,5581	-	F(3,60) = 1,70 ,p = 0,1794
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(3,60) = 0,18 ,p = 0,8985	-	F(3,60) = 1,47 ,p = 0,2344	-	**F(3,60) = 3,41 ,p = 0,0254**

Efeitos e interações	Erros de antecipação	Erros de antecipação após aparecimento do alvo	Erros de omissão	Erros de comissão
Pista	F(1,20) = 0,74 ,p = 0,4011	F(1,20) = 0,02 ,p = 0,8982	**F(1,20) = 4,98 ,p = 0,0373**	**F(1,20) = 3,01 ,p = 0,0979**
Preditividade	F(1,20) = 0,74 ,p = 0,4010	F(1,20) = 1,72 ,p = 0,2041	F(1,20) = 0,41 ,p = 0,5272	F(1,20) = 0,43 ,p = 0,5213
Pista*Preditividade	F(1,20) = 0,04 ,p = 0,8455	F(1,20) = 0,10 ,p = 0,7568	F(1,20) = 0,02 ,p = 0,8888	F(1,20) = 0,65 ,p = 0,4302
SOA	**F(3,60) = 177,26 ,p <,0001**	**F(3,60) = 16,49 ,p <,0001**	**F(3,60) = 14,83 ,p <,0001**	F(3,60) = 0,26 ,p = 0,6494
SOA*Pista	F(3,60) = 0,37 ,p = 0,6175	F(3,60) = 0,67 ,p = 0,5548	F(3,60) = 1,64 ,p = 0,2120	F(3,60) = 0,05 ,p = 0,8534
SOA*Preditividade	F(3,60) = 2,37 ,p = 0,1268	**F(3,60) = 3,47 ,p = 0,0273**	F(3,60) = 0,72 ,p = 0,4640	F(3,60) = 1,35 ,p = 0,2628
SOA*Pista*Preditividade	F(3,60) = 0,28 ,p = 0,6731	F(3,60) = 0,98 ,p = 0,4005	F(3,60) = 0,70 ,p = 0,4718	F(3,60) = 1,29 ,p = 0,2742
Validade	**F(1,20) = 4,70 ,p = 0,0425**	F(1,20) = 0,64 ,p = 0,4316	**F(1,20) = 12,36 ,p = 0,0022**	F(1,20) = 1,67 ,p = 0,2104
Validade*Pista	**F(1,20) = 8,41 ,p = 0,0088**	F(1,20) = 0,72 ,p = 0,4077	F(1,20) = 0,01 ,p = 0,9227	F(1,20) = 0,35 ,p = 0,5604
Validade*Preditividade	F(1,20) = 0,04 ,p = 0,8452	F(1,20) = 1,49 ,p = 0,2358	**F(1,20) = 18,42 ,p = 0,0004**	F(1,20) = 1,71 ,p = 0,2055
Validade*Pista*Preditividade	F(1,20) = 1,33 ,p = 0,2623	F(1,20) = 0,29 ,p = 0,5961	F(1,20) = 1,42 ,p = 0,2474	F(1,20) = 0,73 ,p = 0,4033
SOA*Validade	F(3,60) = 0,17 ,p = 0,8556	F(3,60) = 0,46 ,p = 0,7081	**F(3,60) = 6,81 ,p = 0,0036**	F(3,60) = 0,41 ,p = 0,7153
SOA*Validade*Pista	F(3,60) = 1,50 ,p = 0,2342	F(3,60) = 0,82 ,p = 0,4868	F(3,60) = 0,50 ,p = 0,5999	F(3,60) = 0,86 ,p = 0,4538
SOA*Validade*Preditividade	F(3,60) = 0,52 ,p = 0,6083	F(3,60) = 1,06 ,p = 0,3721	**F(3,60) = 5,44 ,p = 0,0096**	F(3,60) = 1,56 ,p = 0,2147
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(3,60) = 0,85 ,p = 0,4400	F(3,60) = 0,40 ,p = 0,7542	F(3,60) = 0,86 ,p = 0,4267	F(3,60) = 0,52 ,p = 0,6436

Efeitos estatisticamente significativos estão destacados em negrito e sublinhado. Os marginalmente significativos estão realçados em negrito apenas.

Tabela 2 - Resumo dos efeitos e interações das ANOVAS do experimento dois.

Efeitos e interações	Tempo de reação (TR)	Efeito validade para TR	Acurácia (ACC)	Efeito validade para ACC	Tempo de movimento (TM)
Pista	**F(1;12) = 3,93, p = 0,0707**	F(1;12) = 0,03, p = 0,8465	F(1;12) = 0,01 p = 0,9487	F(1;12) = 0,08, p = 0,7795	F(1;12) = 0,52, p = 0,4834
Preditividade	F(1;12) = 0,34, p = 0,5658	**F(1;12) = 11,08, p = 0,0060**	F(1;12) = 0,49, p = 0,4965	F(1;12) = 1,29, p = 0,2779	F(1;12) = 0,09, p = 0,7584
Pista*Preditividade	F(1;12) = 1,27, p = 0,2809	F(1;12) = 0,05, p = 0,8203	**F(1;12) = 4,46, p = 0,0561**	F(1;12) = 1,49, p = 0,2448	F(1;12) = 0,32, p = 0,5777
SOA	**F(1,37;16,46) = 13,97, p = 0,0007**	F(3;36) = 1,14, p = 0,3448	**F(1,66;19,94) = 39,68, p < 0,0001**	F(3;36) = 1,2, p = 0,3233	**F(3;36) = 2,47, p = 0,0769**
SOA*Pista	F(1,37;16,46) = 0,08, p = 0,8479	F(3;36) = 0,16, p = 0,9172	F(1,66;19,94) = 0,69, p = 0,4839	F(3;36) = 0,28, p = 0,8366	F(3;36) = 0,26, p = 0,8479
SOA*Preditividade	F(1,37;16,46) = 0,18, p = 0,7493	F(3;36) = 2,05, p = 0,1235	F(1,66;19,94) = 0,9, p = 0,4049	F(3;36) = 0,23, p = 0,8729	F(3;36) = 0,62, p = 0,6006
SOA*Pista*Preditividade	F(1,37;16,46) = 0,89, p = 0,3895	F(3;36) = 0,19, p = 0,8964	F(1,66;19,94) = 1,74, p = 0,2021	F(3;36) = 0,47, p = 0,7024	F(3;36) = 1,98, p = 0,1332
Validade	**F(1;12) = 15,8, p = 0,0018**	-	F(1;12) = 1,21, p = 0,2922	-	**F(1;12) = 7,57, p = 0,0175**
Validade*Pista	F(1;12) = 0,03, p = 0,8465	-	F(1;12) = 0,08, p = 0,7795	-	F(1;12) = 0, p = 0,9483
Validade*Preditividade	**F(1;12) = 11,08, p = 0,0060**	-	F(1;12) = 1,29, p = 0,2779	-	**F(1;12) = 3,75, p = 0,0765**
Validade*Pista*Preditividade	F(1;12) = 0,05, p = 0,8203	-	F(1;12) = 1,49, p = 0,2448	-	F(1;12) = 0,19, p = 0,6687
SOA*Validade	F(3;36) = 1,14, p = 0,3448	-	F(3;36) = 1,2, p = 0,3233	-	F(3;36) = 0,01, p = 0,9961
SOA*Validade*Pista	F(3;36) = 0,16, p = 0,9172	-	F(3;36) = 0,28, p = 0,8366	-	F(3;36) = 1,24, p = 0,3093
SOA*Validade*Preditividade	F(3;36) = 2,05, p = 0,1235	-	F(3;36) = 0,23, p = 0,8729	-	F(3;36) = 0,77, p = 0,5163
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(3;36) = 0,19, p = 0,8964	-	F(3;36) = 0,47, p = 0,7024	-	**F(3;36) = 3,01, p = 0,0423**

Efeitos e interações	Erros de antecipação	Erros de antecipação após aparecimento do alvo	Erros de omissão	Erros de comissão
Pista	F(1;12) = 0,03, p = 0,8502	F(1;12) = 0,19, p = 0,6690	**F(1;12) = 5,38, p = 0,0388**	F(1;12) = 1,1, p = 0,3129
Preditividade	F(1;12) = 1,58, p = 0,2315	F(1;12) = 0,3, p = 0,5911	F(1;12) = 0,03, p = 0,8457	F(1;12) = 0,32, p = 0,5818
Pista*Preditividade	**F(1;12) = 4,05, p = 0,0669**	F(1;12) = 0,88, p = 0,3645	F(1;12) = 1,14, p = 0,3064	F(1;12) = 0,12, p = 0,7310
SOA	**F(1,47;17,68) = 77,1, p < 0,0001**	**F(3;36) = 5,09, p = 0,0048**	**F(1,84;22,19) = 12,03, p = 0,0003**	F(1,54;18,48) = 0,86, p = 0,4117
SOA*Pista	F(1,47;17,68) = 0,38, p = 0,6204	**F(3;36) = 2,39, p = 0,0838**	F(1,84;22,19) = 1,83, p = 0,1853	F(1,54;18,48) = 0,22, p = 0,7444
SOA*Preditividade	F(1,47;17,68) = 1,07, p = 0,3437	**F(3;36) = 5,14, p = 0,0045**	F(1,84;22,19) = 1,18, p = 0,3218	F(1,54;18,48) = 2,11, p = 0,1564
SOA*Pista*Preditividade	F(1,47;17,68) = 1,48, p = 0,2494	**F(3;36) = 2,47, p = 0,0773**	**F(1,84;22,19) = 2,64, p = 0,0969**	F(1,54;18,48) = 1,09, p = 0,3389
Validade	F(1;12) = 2,27, p = 0,1572	F(1;12) = 0,91, p = 0,3587	**F(1;12) = 9,59, p = 0,0092**	F(1;12) = 0,8, p = 0,3871
Validade*Pista	F(1;12) = 0,05, p = 0,8246	F(1;12) = 1,35, p = 0,267	**F(1;12) = 3,36, p = 0,0916**	F(1;12) = 0,43, p = 0,5235
Validade*Preditividade	F(1;12) = 0,56, p = 0,4662	F(1;12) = 0,01 p = 0,9448	**F(1;12) = 4,09, p = 0,0658**	F(1;12) = 1,19, p = 0,2957
Validade*Pista*Preditividade	F(1;12) = 2,1, p = 0,1726	F(1;12) = 1,01 p = 0,3357	F(1;12) = 1,01, p = 0,3341	F(1;12) = 0,19, p = 0,6627
SOA*Validade	F(3;36) = 0,57, p = 0,6333	F(3;36) = 1,01, p = 0,3954	F(1,97;23,73) = 2,12, p = 0,1423	F(1,16;13,99) = 0,99, p = 0,3491
SOA*Validade*Pista	F(3;36) = 0,67, p = 0,5735	F(3;36) = 0,18, p = 0,9045	F(1,97;23,73) = 2,36, p = 0,1158	F(1,16;13,99) = 0,39, p = 0,5723
SOA*Validade*Preditividade	F(3;36) = 0,12, p = 0,9459	F(3;36) = 1,53, p = 0,2214	F(1,97;23,73) = 1,86, p = 0,1779	F(1,16;13,99) = 0,67, p = 0,4466
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(3;36) = 1,08, p = 0,3662	F(3;36) = 0,73, p = 0,5400	F(1,97;23,73) = 1,33, p = 0,2825	F(1,16;13,99) = 0,03, p = 0,8937

Efeitos estatisticamente significativos estão destacados em negrito e sublinhado. Os marginalmente significativos estão realçados em negrito apenas.

Tabela 3 - Resumo dos efeitos e interações das ANOVAS do experimento três.

Efeitos e interações	Tempo de reação (TR)	Efeito validade para TR	Acurácia (ACC)	Efeito validade para ACC	Tempo de movimento (TM)
Pista	**F(1;12) = 6,04, p = 0,0301**	F(1;12) = 0,01 p = 0,9775	F(1;12) = 0,07, p = 0,792	F(1;12) = 0,06, p = 0,8078	F(1;12) = 1,59, p = 0,2311
Preditividade	F(1;12) = 0,32, p = 0,5798	**F(1;12) = 16,64, p = 0,0015**	F(1;12) = 0,14, p = 0,7082	**F(1;12) = 3,18, p = 0,0997**	F(1;12) = 0,01 p = 0,9553
Pista*Preditividade	F(1;12) = 0,81, p = 0,3858	F(1;12) = 0,08, p = 0,779	F(1;12) = 0,2, p = 0,6625	F(1;12) = 2,24, p = 0,1598	F(1;12) = 0,53, p = 0,4775
SOA	**F(1,10;13,21) = 11,75, p = 0,0037**	F(3;36) = 0,24, p = 0,8655	**F(1,71;20,60) = 114,72, p < 0,0001**	F(3;36) = 0,56, p = 0,6447	**F(1,38;16,57) = 3,54, p = 0,0664**
SOA*Pista	F(1,10;13,21) = 0,12, p = 0,7516	F(3;36) = 0,5, p = 0,6779	F(1,71;20,60) = 0,25, p = 0,7468	F(3;36) = 0,29, p = 0,8266	F(1,38;16,57) = 0,17, p = 0,7642
SOA*Preditividade	F(1,10;13,21) = 0,01, p = 0,9314	F(3;36) = 0,93, p = 0,4354	F(1,71;20,60) = 0,24, p = 0,7515	F(3;36) = 1,03, p = 0,3873	F(1,38;16,57) = 1,45, p = 0,2557
SOA*Pista*Preditividade	F(1,10;13,21) = 0,69, p = 0,4313	F(3;36) = 2,03, p = 0,1258	F(1,71;20,60) = 1,21, p = 0,3107	F(3;36) = 0,52, p = 0,6698	F(1,38;16,57) = 0,42, p = 0,5856
Validade	**F(1;12) = 13,98, p = 0,0028**	-	**F(1;12) = 11,28, p = 0,0056**	-	F(1;12) = 1,45, p = 0,2506
Validade*Pista	F(1;12) = 0,01 p = 0,9775	-	F(1;12) = 0,06, p = 0,8078	-	F(1;12) = 0,01, p = 0,8974
Validade*Preditividade	**F(1;12) = 16,64, p = 0,0015**	-	**F(1;12) = 3,18, p = 0,0997**	-	F(1;12) = 1,05, p = 0,3243
Validade*Pista*Preditividade	F(1;12) = 0,08, p = 0,779	-	F(1;12) = 2,24, p = 0,1598	-	F(1;12) = 0,73, p = 0,4074
SOA*Validade	F(3;36) = 0,24, p = 0,8655	-	F(3;36) = 0,56, p = 0,6447	-	F(1,28;15,43) = 1,22, p = 0,3007
SOA*Validade*Pista	F(3;36) = 0,5, p = 0,6779	-	F(3;36) = 0,29, p = 0,8266	-	F(1,28;15,43) = 0,4, p = 0,5842
SOA*Validade*Preditividade	F(3;36) = 0,93, p = 0,4354	-	F(3;36) = 1,03, p = 0,3873	-	F(1,28;15,43) = 1,08, p = 0,3338
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(3;36) = 2,03, p = 0,1258	-	F(3;36) = 0,52, p = 0,6698	-	F(1,28;15,43) = 0,37, p = 0,6021

Efeitos e interações	Erros de antecipação	Erros de antecipação após aparecimento do alvo	Erros de omissão	Erros de comissão
Pista	F(1;12) = 0,01 p = 0,9313	F(1;12) = 0,33, p = 0,5758	**F(1;12) = 6,01, p = 0,0304**	F(1;12) = 0,4, p = 0,5368
Preditividade	F(1;12) = 0,05, p = 0,8246	F(1;12) = 0,09, p = 0,7620	F(1;12) = 0,53, p = 0,4774	F(1;12) = 0,01 p = 0,9283
Pista*Preditividade	F(1;12) = 0,12, p = 0,7280	F(1;12) = 0,02, p = 0,8820	F(1;12) = 0,02, p = 0,8784	F(1;12) = 0,01 p = 0,9612
SOA	**F(1,54;18,51) = 140,94, p < 0,0001**	**F(1,52;18,33) = 12,97, p = 0,0006**	F(2,00;24,05) = 1,6, p = 0,2212	F(1,17;14,11) = 1,19, p = 0,3028
SOA*Pista	F(1,54;18,51) = 0,29, p = 0,6926	F(1,52;18,33) = 1,16, p = 0,3192	F(2,00;24,05) = 0,53, p = 0,5951	F(1,17;14,11) = 1,07, p = 0,3308
SOA*Preditividade	F(1,54;18,51) = 0,01, p = 0,9657	F(1,52;18,33) = 0,21, p = 0,7522	F(2,00;24,05) = 0,14, p = 0,8678	F(1,17;14,11) = 0,2, p = 0,6960
SOA*Pista*Preditividade	F(1,54;18,51) = 0,68, p = 0,4809	F(1,52;18,33) = 0,73, p = 0,4571	F(2,00;24,05) = 0,25, p = 0,7809	F(1,17;14,11) = 0,31, p = 0,6226
Validade	F(1;12) = 0,64, p = 0,4378	F(1;12) = 0,42, p = 0,5274	**F(1;12) = 9,39, p = 0,0098**	F(1;12) = 2,86, p = 0,1165
Validade*Pista	F(1;12) = 0,06, p = 0,7961	F(1;12) = 1,14, p = 0,3049	F(1;12) = 0,71, p = 0,4156	F(1;12) = 0,04, p = 0,8440
Validade*Preditividade	F(1;12) = 0,56, p = 0,465	**F(1;12) = 3,44, p = 0,0881**	**F(1;12) = 15,04, p = 0,0021**	F(1;12) = 2,71, p = 0,1256
Validade*Pista*Preditividade	F(1;12) = 0,2, p = 0,6625	F(1;12) = 0,04, p = 0,8380	**F(1;12) = 4,24, p = 0,0618**	F(1;12) = 0,03, p = 0,8585
SOA*Validade	F(1,25;15,06) = 0,13, p = 0,7708	F(3;36) = 0,14, p = 0,9293	F(3;36) = 0,97, p = 0,4163	F(1,40;16,82) = 0,34, p = 0,6367
SOA*Validade*Pista	F(1,25;15,06) = 0,04, p = 0,8886	F(3;36) = 0,25, p = 0,8588	F(3;36) = 0,18, p = 0,9042	F(1,40;16,82) = 1,57, p = 0,2334
SOA*Validade*Preditividade	F(1,25;15,06) = 0,07, p = 0,8373	F(3;36) = 0,35, p = 0,7840	**F(3;36) = 4,42, p = 0,0095**	F(1,40;16,82) = 0,39, p = 0,6063
SOA*Validade*Preditividade*Pista	F(1,25;15,06) = 0,07, p = 0,8413	F(3;36) = 0,26, p = 0,8532	F(3;36) = 1,41, p = 0,2535	F(1,40;16,82) = 1,25, p = 0,2951

Efeitos estatisticamente significativos estão destacados em negrito e sublinhado. Os marginalmente significativos estão realçados em negrito apenas.

Tabela 4: Resumo dos efeitos e interações das ANOVAs de duas vias para acurácia nas *Catch trials* dos testes dos três experimentos.

Efeitos e Interações	Experimento um	Experimento dois	Experimento três
Pista	F(1;20) = 0,01, p = 0,8971	F(1;12) = 0,53, p = 0,4776	F(1;12) = 0,31, p = 0,5838
Preditividade	F(1;20) = 0,59, p = 0,4481	F(1;12) = 0,05, p = 0,8202	F(1;12) = 0,73, p = 0,4095
Pista*Preditividade	F(1;20) = 0,31, p = 0,5828	F(1;12) = 0,12, p = 0,7265	F(1;12) = 0,01, p = 0,8922