

## Contribuições das Neurociências para o Estudo do Comportamento Discriminativo<sup>1</sup>

Amilcar Rodrigues Fonseca Júnior<sup>2</sup>  
Maria Helena Leite Hunziker  
Universidade de São Paulo

**RESUMO** - Este artigo buscou examinar algumas das contribuições das neurociências para o estudo da discriminação de estímulos. Foram discutidos experimentos relacionados a processos discriminativos envolvendo (a) estimulação cerebral como estímulo antecedente e consequente, (b) atividade neural como resposta, (c) lesão cerebral, (d) drogas e (e) mudanças no cérebro em função do treino discriminativo. Argumenta-se que a integração entre dados comportamentais e (neuro) fisiológicos tem se mostrado uma estratégia promissora para um entendimento mais completo sobre o comportamento dos organismos.

**Palavras-chave:** discriminação de estímulos, eventos neurais, análise do comportamento, neurociências

## Contributions of Neurosciences to the Study of Discriminative Behavior

**ABSTRACT** - This paper aims to examine some contributions of neuroscience to the study of stimulus discrimination. Experiments are discussed concerning the discriminative processes involving (1) brain stimulation as antecedent and consequent stimulus, (2) neural activity as response, (3) brain lesions, (4) drugs, and (5) brain changes after exposure to discriminative training. We argue that the integration of behavioral and (neuro) physiological data has proved to be a promising strategy for a more complete understanding of the behavior of organisms.

**Keywords:** stimulus discrimination, neural events, behavior analysis, neurosciences

Embora exista discordância sobre a utilidade das neurociências em estudos analítico-comportamentais (Reese, 1996), a análise da obra de Skinner mostra que ele defendia a integração entre as diversas ciências biológicas (Zilio, 2013). Dois pontos dessa análise são de especial interesse para o desenvolvimento do presente artigo. O primeiro diz respeito à asserção de Skinner (1974, 1987, 1989) de que há lacunas na compreensão analítico-comportamental do que é feito pelo organismo, as quais são decorrentes do desconhecimento das modificações fisiológicas que ocorrem nesse organismo quando em contato com as variáveis ambientais das quais seu comportamento é função. O segundo diz respeito à previsão de que, em um futuro, os fisiologistas poderiam descrever o que ocorre sob a pele do organismo no momento em que ele se comporta, o que não invalidaria as leis da ciência do comportamento, mas sim permitiria uma compreensão mais completa do fenômeno comportamental (Skinner, 1974). Portanto, na perspectiva skinneriana, Análise do

Comportamento e Fisiologia<sup>1</sup>, embora independentes entre si, caracterizam-se como ciências complementares (Moore, 1997, 2002; Zilio, 2013), fundamentando o que se denominou análise biocomportamental (Donahoe & Palmer, 1994).

Ainda que definir comportamento seja matéria controversa (Botomé, 2013; Carrara & Zilio, 2013; Lazzeri, 2013; Todorov, 2012; Todorov & Henriques, 2013; Tonneau, 2013), é indispensável explicitar que, ao longo deste trabalho, será adotada a noção interacionista, que considera o comportamento enquanto relação entre o que o organismo faz e o que ocorre em seu ambiente (Matos, 1997). Nessa concepção, o organismo é necessariamente parte do comportamento, uma vez que sua ação (resposta) interage com aspectos do ambiente que o modificam (estímulos). Conforme já defendido por Skinner (1945, 1953/1965, 1974), estamos considerando que tanto respostas como estímulos podem ser externos ou internos ao organismo<sup>2</sup>, sendo

1 Agradecemos aos dois pareceristas anônimos da revista, cujos comentários contribuíram enormemente para a versão final deste artigo, e ao CNPq pelas bolsas de Mestrado (processo no. 134035/2014-3) e Produtividade em Pesquisa (processo no. 304239/2013-5) concedidas ao primeiro e ao segundo autor, respectivamente.

2 Endereço para correspondência: Departamento de Psicologia Experimental, Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 1721, São Paulo, SP, Brasil. CEP 05.508-030. E-mail: [fonseca.junior@usp.br](mailto:fonseca.junior@usp.br)

1 No tempo de vida de Skinner, a Fisiologia era a ciência de maior destaque no estudo do Sistema Nervoso Central (SNC). Contudo, recentemente, o termo **neurociências** passou a denominar o conjunto de ciências que investigam os fenômenos neurais (Fisiologia, Farmacologia, Bioquímica, entre outras). Assim, no presente trabalho, as análises de Skinner voltadas à Fisiologia serão estendidas ao que hoje se denomina neurociências.

2 A distinção entre eventos externos e internos ao organismo diz respeito apenas à possibilidade, ou não, de observação direta desses eventos (Skinner, 1953/1965). Assim, ao invés de delimitar diferentes **tipos** de eventos, essa distinção diz respeito somente à tecnologia necessária para observá-los (Donahoe & Palmer, 1994).

sempre a relação funcional entre eles o elemento definidor do comportamento.

Ao longo das últimas décadas, a previsão de Skinner (1974) sobre a integração entre as ciências vem sendo concretizada. De acordo com Moore (2002), os eventos neurais têm sido analisados, no estudo do comportamento, tanto como elementos da tríplice contingência quanto como substratos fisiológicos do comportamento. Conforme se verá mais à frente, em alguns estudos tais eventos assumem a função de estímulo antecedente (Talwar et al., 2002), de resposta (Stein, Xue, & Belluzzi, 1993) ou de estímulo consequente (Olds & Milner, 1954), expandindo a gama de variáveis que compõem a cadeia comportamental. Em paralelo, a análise dos eventos neurais como substratos fisiológicos do comportamento permite a identificação da interação bidirecional entre esses eventos e as contingências de reforçamento, seja através do exame dos substratos fisiológicos necessários para a ocorrência do comportamento, seja através da demonstração de que contingências ambientais alteram a atividade neural (Morgan et al., 2002).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar alguns exemplos de pesquisas desenvolvidas a partir de uma perspectiva neurocientífica, delimitando como foco de análise as relações comportamentais que envolvem discriminação de estímulos, e destacar algumas implicações desses estudos para o entendimento do comportamento em geral. Embora existam trabalhos sobre discriminações condicionais (Bueno & Bueno Júnior, 2007) e equivalência de estímulos (Dickins et al., 2001) que tenham tratado de questões relacionadas às neurociências, aqui nos limitaremos à análise de estudos sobre discriminações simples (Catania, 1998/1999; Sério, Andery, Gioia, & Micheletto, 2008), com diferentes espécies.

Para examinar as diferentes possibilidades de estudo de contingências discriminativas nas quais eventos neurais são direta ou indiretamente manipulados, mostra-se necessário destacar algumas características do processo e do procedimento de discriminação. A discriminação de estímulos, enquanto processo, é caracterizada pela diferença no responder na presença de diferentes estímulos; enquanto procedimento, é caracterizada pela disponibilidade diferencial de reforçamento na presença desses estímulos (Catania, 1998/1999).

Funcionalmente, Morse e Skinner (1958) sugeriram que a relação temporal entre o estímulo antecedente, presente no momento do reforçamento, e o estímulo reforçador é uma das variáveis críticas para a produção desse fenômeno. Assim, é possível dizer que o estímulo reforçador muda a função do estímulo antecedente – o qual passa a se chamar discriminativo – e lhe dá relevância (i.e., função) diferencial em relação a outros estímulos que se fazem presentes perante o organismo (Dinsmoor, 1995). Em decorrência disso, determinadas respostas tendem a ser mais ou menos prováveis em determinados contextos do que em outros. Ao longo deste trabalho, serão empregadas as siglas S+ e S- para se referir aos estímulos correlacionados com maior ou menor probabilidade diferencial de reforço, respectivamente.

## Estimulação Cerebral como Estímulo Antecedente e Consequente

O estudo de Talwar et al. (2002) é um exemplo de experimento sobre comportamento discriminativo no qual a resposta era atividade motora e os estímulos antecedentes e consequentes eram manipulados via estimulação cerebral. Para a realização desse estudo, ratos tiveram um transmissor de impulsos elétricos implantado no cérebro, de forma que, através de controle remoto, poderia ser estimulada uma dentre três diferentes regiões do cérebro: cortical somatosensória direita ou esquerda, e feixe prosencefálico medial. A estimulação nas duas primeiras regiões simula o que ocorre no cérebro dos ratos no momento em que um toque é efetuado nas vibrissas localizadas no lado direito ou esquerdo do focinho. A estimulação da terceira região mencionada corresponde ao que ocorre no cérebro de ratos no momento em que seu responder é positivamente reforçado. O procedimento envolveu 10 sessões de estimulação do feixe prosencefálico medial contingente à resposta de correr para o lado direito ou esquerdo quando havia sido estimulada eletricamente a região cortical somatosensória correspondente; respostas de correr para um lado diferente daquele indicado não recebiam qualquer consequência. Ao término das 10 sessões, foi demonstrado que os impulsos elétricos disparados pelo controle remoto nas regiões cortical somatosensória direita ou esquerda controlavam o comportamento discriminativo dos sujeitos, uma vez que eles se movimentavam para uma ou outra direção em função dessa estimulação. Em uma fase de teste, os sujeitos foram guiados através de um circuito, de modo que os experimentadores sinalizaram, pelo transmissor, as direções para as quais deveriam se movimentar, tendo os animais se comportado espacialmente de maneira compatível com a estimulação elétrica administrada. Portanto, esse estudo demonstrou que a estimulação cerebral exerceu tanto a função de estímulo antecedente diferencial em relações de reforçamento ou extinção (i.e., S+ ou S-), como a função de reforço.

Importante destacar que os resultados acima descritos (Talwar et al., 2002) foram obtidos mediante as mesmas contingências de reforçamento utilizadas em estudos convencionais de discriminação simples, isto é, através de reforçamento de determinada classe de respostas frente ao S+ e extinção frente ao S- (Terrace, 1966). Então qual a relevância desse tipo de estudo, visto que o processo de discriminação de estímulos já está amplamente documentado na literatura da área? A relevância desse e de outros estudos equivalentes é o fortalecimento, através de dados experimentais, de uma asserção que era baseada apenas em pressupostos filosóficos: a de que os eventos localizados sob a pele do organismo obedecem a leis similares àquelas que regem os comportamentos diretamente observados (Skinner, 1945, 1974). Esse tipo de estudo traz evidências experimentais de que a estimulação fisiológica é efetivamente parte da cadeia comportamental e não causa inicial do comportamento. Importante notar que a resposta de correr para a esquerda ou direita não era eliciada pelo estímulo elétrico. Diferente disso, era uma resposta operante, controlada pela consequência (neural) que ocorria de forma diferenciada a depender do estímulo antecedente (também neural). Portanto, Talwar

et al. (2002) manipularam experimentalmente uma tríplice contingência que combinava eventos internos e externos ao organismo, mostrando que ela produzia resultados análogos aos obtidos em estudos envolvendo trípliques contingências compostas por elementos diretamente observáveis.

### Atividade Neural como Resposta

Outros estudos investigaram relações opostas àquela descrita anteriormente, analisando respostas neurais controladas por contingências operantes cujos estímulos antecedentes e consequentes encontram-se fora do organismo. Um exemplo desse tipo de estudo é fornecido por Nicolelis e Chapin (2002/2004), que implantaram microeletrodos no cérebro de macacos e registraram a atividade neural exibida por eles enquanto executavam uma tarefa motora. Esta consistia em mover manualmente um *joystick*, o qual produzia o deslocamento de um cursor na tela de um computador. Para ter suas respostas reforçadas, os sujeitos deveriam posicionar o cursor dentro de um “alvo” (círculo), que variava de posição na tela a cada tentativa. Portanto, esse arranjo envolvia uma contingência de discriminação, em que o alvo exercia a função de S+, indicando a direção para qual o cursor deveria ser dirigido. A cada acerto, os sujeitos ganhavam uma porção de suco de fruta (estímulo reforçador). Erros não produziam nenhuma consequência programada. Sob essa contingência, após algumas sessões de treino, o primeiro sujeito exposto à tarefa alcançou um índice de acerto superior a 90%. Alcançado esse índice, estabeleceu-se, para esse sujeito, uma contingência paralela na qual a atividade neural correspondente à resposta motora produzia igualmente o movimento do cursor. Nessa fase, a conexão entre o cursor e o *joystick* foi desabilitada em cerca de 30% das tentativas, mas o cursor poderia ser controlado pela atividade neural em 100% das tentativas. Em função dessa nova contingência, as respostas motoras se tornaram cada vez menos frequentes e, após algumas sessões, o movimento do cursor passou a ser controlado unicamente pela atividade neural. Ou seja, a atividade neural correspondente à resposta motora ficou sob controle de estímulos antecedentes e consequentes externos ao organismo.

Se tanto a resposta neural quanto a resposta motora produziam reforço, por que a resposta neural aumentou em frequência e a resposta motora decresceu? A análise desse resultado requer novos experimentos para sua confirmação. Porém, a literatura analítico-comportamental nos oferece dados que permitem algumas suposições. A primeira hipótese é de que essa diferença se deu em função da antecipação do reforço propiciada pela resposta neurológica: Nicolelis e Chapin (2002/2004) descrevem que a atividade neural antecedia em milésimos de segundo as respostas motoras, o que implica que o reforço passou a ser produzido mais rapidamente quando o cursor passou a ser controlado pela atividade neural. Essa suposição tem amplo apoio na literatura experimental, que indica que a relação resposta/consequência é tanto mais efetiva na seleção da resposta quanto menor for o intervalo entre esses eventos, a despeito da relação de consequenciação envolver estímulos externos ao organismo (Grice, 1948; Wolfe, 1934) ou um reforçador

liberado diretamente no cérebro dos sujeitos (Black, Beluzzi, & Stein, 1985).

Outra hipótese aponta para o custo da resposta: a resposta neural não requeria a emissão da resposta motora para ser consequenciada, mas a resposta motora era sempre antecedida pela emissão da resposta neural. Portanto, se o reforço permanecia disponível ante duas respostas distintas, é esperada como mais provável a emissão da resposta menos custosa, tal como sugere a literatura sobre escolha (Herrnstein & Loveland, 1975).

Ainda, deve-se considerar uma terceira hipótese. O procedimento fornecia diferentes densidades de reforçamento para cada opção: a probabilidade de reforçamento para a atividade neural foi superior àquela estabelecida para a resposta motora (i.e., 100% para a primeira e 70% para a segunda; Nicolelis & Chapin, 2002/2004). Dada a sistemática demonstração experimental de que a densidade de reforço tem relação direta com a frequência de respostas (Herrnstein, 1961), essa hipótese merece ser considerada na tentativa de explicar por que a frequência de respostas neurais excedeu a frequência de respostas motoras.

As hipóteses sugeridas não são excludentes e, no seu conjunto, fortalecem uma vez mais a sugestão de Skinner (1945) de que os mesmos princípios que regem os comportamentos diretamente observáveis se aplicam aos eventos que ocorrem sob a pele do organismo. Embora seja uma liberdade poética dizer que o sujeito aprendeu a mover o cursor com seus “pensamentos”, é um fato científico que a atividade neural desse animal foi selecionada pela contingência operante, uma vez que um padrão discriminativo específico foi fortalecido em função da produção de uma determinada consequência, independente do elo motor da cadeia comportamental inicialmente selecionado.

### Efeitos de Lesões Cerebrais sobre o Comportamento Discriminativo

Outra forma de se investigar a interação das variáveis neurais com as contingências ambientais envolve manipulações diretas na estrutura do Sistema Nervoso Central (SNC) através de lesões em algumas regiões do cérebro. Um exemplo é o estudo pioneiro de Lashley (1920), que produziu lesões em diferentes regiões do cérebro de ratos para avaliar os efeitos sobre o comportamento discriminativo. Inicialmente, os animais foram treinados em um labirinto (*Yerkes box*) composto por dois corredores, os quais eram iluminados de forma alternada e aleatória a cada tentativa. A resposta de correr pelo corredor iluminado (correta) foi consequenciada com acesso à comida (reforçamento). A resposta de correr pelo corredor sem iluminação (incorreta) não produziu qualquer consequência (extinção). Cada sessão era composta por 10 tentativas e o critério de aprendizagem foi a emissão de 20 respostas corretas consecutivamente. Concluído o treino, os sujeitos deixaram de ser expostos à tarefa por um período de sete dias. Ao fim desse intervalo, um teste foi levado a cabo, no qual todos os animais apresentaram inalterada a resposta discriminativa. Posteriormente, os sujeitos foram divididos em três grupos experimentais, cada qual submetido a lesões em determinada região do cérebro

(frontal, parietal ou occipital) e um grupo controle, que passou por uma cirurgia na região occipital do crânio, mas não sofreu injúria no cérebro (ver detalhes dessa manipulação cirúrgica em Lashley, 1920, Seção V, páginas 106-110). Após a recuperação pós-cirúrgica, que durou entre um e quatro dias, os sujeitos foram reexpostos ao labirinto por, no mínimo, 30 tentativas (10 por dia). Como resultado, foi observado que os sujeitos do grupo sem lesão cerebral, bem como os que receberam lesão nas áreas frontal e parietal, mostraram comportamento discriminativo inalterado. Apenas os sujeitos que tiveram lesão na região occipital não apresentaram comportamento discriminativo, tendo necessitado de treino adicional para o reestabelecimento do controle de estímulos.

Esse estudo (Lashley, 1920) sugere que diferentes áreas do cérebro podem se relacionar com diferentes processos comportamentais, de forma que, a depender da área lesionada, o controle de estímulos já estabelecido por contingências operantes pode ou não ser afetado. Além disso, ele sugere que treinos adicionais podem superar, comportamentalmente, os danos produzidos por lesões em algumas regiões do cérebro. Esse dado é especialmente relevante do ponto de vista terapêutico, pois mostra que o conhecimento sobre determinadas alterações cerebrais pode favorecer o desenvolvimento de procedimentos especialmente voltados para o portador da lesão, dando a ele mais chance de se adaptar às contingências ambientais.

### **Efeitos de Drogas sobre o Comportamento Discriminativo**

Na ontogenia do comportamento, o conjunto de contingências experimentadas pelo indivíduo no passado determina algumas das funções que as variáveis assumem nas contingências atuais (Skinner, 1981). Para explicar essa relação do passado com o presente em uma perspectiva behaviorista radical, é preciso supor que as experiências passadas alteraram o organismo de forma que, no presente, esse organismo modificado tem um tipo de interação com o ambiente que seria diferente caso a sua história fosse outra. Essa suposição de que história envolve mudança fisiológica no SNC foi elegantemente analisada em um experimento desenvolvido por Terrace (1963b). Nesse estudo, pombos foram submetidos a um treino discriminativo, sendo metade deles exposta a um procedimento “com erro” e a outra metade a um procedimento “sem erro”. No treino “com erro”, utilizou-se o procedimento padrão de apresentação alternada de S+ e S-, estímulos que antecederam as condições de reforçamento e extinção, respectivamente. No treino “sem erro”, porém, o S- foi introduzido gradualmente no que diz respeito à sua duração, intensidade e forma, diminuindo a probabilidade de emissão de respostas frente a esse estímulo. Desse modo, os sujeitos (pombos) submetidos a esse último procedimento praticamente não foram expostos à extinção (ver detalhes desse procedimento em Terrace, 1963a). Ao fim do treino, o comportamento dos sujeitos submetidos aos diferentes procedimentos era indistinguível: as respostas eram emitidas exclusivamente frente ao S+. Foram, então, administradas diferentes doses de Clorpromazina (antipsicótico) e Imipramina (antidepressivo)

antes das sessões de discriminação subsequentes. Como resultado, obteve-se efeito diferencial em função da história de aprendizagem: ambas as drogas alteraram o padrão discriminativo apenas dos sujeitos expostos ao treino “com erro”, sendo observado aumento na frequência de emissão de respostas em S- (efeito dose-dependente) e nenhuma alteração no responder frente ao S+. Diferentemente, os sujeitos com história de treino “sem erro” mantiveram seu comportamento discriminativo inalterado, emitindo frequência constante de respostas frente ao S+ e nenhuma resposta frente ao S-, independentemente da droga ou dose administrada.

Esses dados (Terrace, 1963b) têm enorme relevância não apenas por ressaltar o papel exercido pela história de reforçamento na determinação dos efeitos de fármacos, como também por demonstrar que história é fisiologia. A exposição a contingências acarreta mudanças fisiológicas no organismo que permanecem em momentos futuros, interagindo com novas contingências.

Como as drogas administradas tinham como uma de suas características reduzir os efeitos do controle aversivo sobre o comportamento (Terrace, 1963b), tal estudo fortalece a análise da função aversiva da extinção (Azrin, Hutchinson, & Hake, 1966). Esses e outros dados sobre alterações diferenciadas no organismo frente a condições aversivas e condições reforçadoras positivas (Paton & Louie, 2012) podem constituir grande auxílio na discussão teórica sobre a delimitação do controle aversivo como um domínio de estudo próprio (Hineline, 1984; Hunziker, 2011).

### **Mudanças no Cérebro em Função da Exposição ao Treino Discriminativo**

Terrace (1963b) não contava, na época do experimento descrito, com as possibilidades tecnológicas de mensuração direta das mudanças havidas no cérebro em função da exposição a contingências. Com a tecnologia desenvolvida nas últimas décadas, alguns pesquisadores vêm examinando diretamente tais mudanças (ver Ortu, 2012), demonstrando experimentalmente algo que era, até poucas décadas atrás, apenas um pressuposto filosófico: a relação entre cérebro e comportamento é uma via de mão dupla. Isso significa que o cérebro modificado interfere na maneira como o organismo se relaciona com o seu meio, da mesma maneira que as contingências do meio podem alterar a atividade cerebral.

Como exemplo de alterações desse último tipo, há o relato de Schlund e Cataldo (2005), que, através do uso da tecnologia de neuroimagem – uma tecnologia não invasiva –, registraram mudanças cerebrais em função das contingências de reforçamento empregadas. Na primeira fase do experimento, os participantes (humanos) foram expostos a dois estímulos. Na presença do primeiro estímulo, vigorava uma contingência na qual o participante deveria permanecer 10 s sem responder (i.e., não poderia pressionar a barra de espaço do teclado do computador) para que fosse apresentado o segundo estímulo, na presença do qual vigorava um esquema de reforçamento de razão variável (VR) 3, com estímulo reforçador monetário (US\$0,05). Após cinco reforços, uma nova tentativa era iniciada com

o primeiro estímulo e assim sucessivamente. Cada sessão contou com a apresentação de 10 estímulos de cada tipo. Essa fase foi encerrada quando 90% das respostas foram emitidas na presença do estímulo relacionado ao dinheiro, ou seja, quando o sujeito passou a responder discriminativamente. Na segunda fase, os dois estímulos presentes na fase anterior foram mantidos e quatro novos estímulos foram adicionados. Metade deles foi correlacionada com a contingência de 10 s de ausência de resposta, e a outra metade com diferentes magnitudes de reforço (US\$0,05, US\$0,50 e US\$5,00). Cada sessão contou com sete apresentações aleatórias de cada estímulo, totalizando 42 tentativas. O critério de encerramento da fase foi o mesmo da etapa anterior. Após isso, os sujeitos observaram por seis minutos outros três novos estímulos e foram instruídos a memorizá-los. Esse conjunto de estímulos não esteve correlacionado a nenhuma contingência e foi utilizado como controle na sessão de neuroimagem (teste), que ocorreu entre 2h e 3h após o término da fase anterior. A exposição prévia aos estímulos controle teve como objetivo reduzir o efeito da novidade no teste, a qual, *per se*, poderia gerar ativações de determinadas regiões do cérebro, tornando difícil a comparação com os estímulos correlacionados com outras condições. Antes do teste, uma folha contendo 18 estímulos foi apresentada aos participantes, sendo solicitado que marcassem com um círculo os estímulos aos quais foram previamente submetidos, a fim de garantir que os mesmos estavam exercendo algum controle sobre o responder. No teste de neuroimagem, os estímulos de cada um dos três conjuntos mencionados (i.e., ausência de resposta, VR 3 e controle) foram apresentados 21 vezes cada, totalizando 63 tentativas. Os sujeitos foram instruídos a observar a apresentação dos estímulos. Como resultado, foi observado um maior nível de ativação cerebral nas regiões frontal e estriatal na presença dos estímulos empregados na fase de treino se comparados aos estímulos controle. Além disso, constatou-se que os estímulos correlacionados com a contingência que exigia ausência de resposta ativou uma maior quantidade de regiões que os estímulos correlacionados com a contingência em que vigorava um VR 3.

Assim, esse estudo (Schlund & Cataldo, 2005) sugere que as alterações fisiológicas variam a depender do tipo de procedimento empregado para se estabelecer controle por estímulos antecedentes e que a tecnologia de neuroimagem é uma ferramenta valiosa para se compreender o substrato neural da aprendizagem operante em humanos. Uma expansão dessa análise poderia incluir, por exemplo, os efeitos fisiológicos decorrentes da exposição a tratamentos psicoterápicos que, como vem sendo demonstrado, podem provocar mudanças em nível cerebral (Nakatani et al., 2003).

### Considerações Finais

Apresentamos alguns exemplos de diferentes possibilidades de estudo da discriminação de estímulos envolvendo eventos neurais. Foi demonstrado que eventos neurais podem exercer a função de estímulo discriminativo, estímulo reforçador e/ou resposta discriminativa em contingências de três termos. Além disso, foi demonstrado que

manipulações por meio de lesões no cérebro ou administração de drogas podem gerar alterações no comportamento discriminativo, bem como tarefas de discriminação podem produzir alterações específicas em nível cerebral.

Consideramos que as pesquisas selecionadas ilustram, embora de forma não exaustiva, a utilidade do estudo de eventos neurais dentro do episódio comportamental, uma vez que investigações desse tipo lançam luz sobre questões relativas a funções de estímulos e respostas que ocorrem sob a pele do organismo (Ortu, 2012; Silva, Gonçalves, & Garcia-Mijares, 2007). Essas questões podem dizer respeito não apenas a aspectos práticos, como o uso de fármacos, mas também podem ter implicações relevantes para questões conceituais e filosóficas. Um exemplo adicional, nesse sentido, é o trabalho de Stein et al. (1993). Ao demonstrarem que consequências selecionam ações diferenciadas de neurônios (emissão de jorros de potenciais de ação) separados do organismo de origem, trouxeram fortes evidências de que o princípio de seleção pelas consequências faz parte dos níveis mais básicos dos seres vivos, agindo independentemente de um SNC integrado ao organismo que responde. Esses e os demais dados aqui apresentados são produto da colaboração entre Análise do Comportamento e Neurociências. Aparentemente, essa multidisciplinaridade tem permitido que as lacunas na explicação do comportamento, apontadas por Skinner (1974, 1987, 1989), comecem a ser preenchidas.

Apesar dos argumentos previamente expostos, deve-se considerar que alguns pesquisadores questionam a utilidade de se estudar o substrato fisiológico do comportamento (Reese, 1996). O principal argumento é de que uma abordagem analítico-comportamental não necessita desse tipo de informação para compreender o comportamento, visto que, aparentemente, não há um aumento significativo das possibilidades de previsão e controle. Embora esse argumento seja forte frente a organismos íntegros, ele não abrange a previsão e controle do comportamento de organismos que, por diferentes motivos, têm algum tipo de deficiência. Na prática, informações sobre os requisitos fisiológicos necessários para o estabelecimento de uma determinada aprendizagem podem ser úteis para estimar, por exemplo, a extensão de tempo necessária para que um dado sujeito aprenda uma tarefa – ou se ele é capaz de aprendê-la – e se, em alguns casos, serão necessários procedimentos alternativos, apropriados às suas características biológicas (ver Lashley, 1920). Como sugere Sidman (1960), quando um sujeito não replica o desempenho dos demais sujeitos experimentais, é possível variar o procedimento em busca de parâmetros ideais para ele. Contudo, sabidamente há limites para a aprendizagem (Breland & Breland, 1961; Seligman & Hager, 1972) e, embora ainda não possamos afirmar rigidamente quais são eles, saber *a priori* que os organismos apresentam diferenças relevantes entre si pode ser condição para se iniciar a busca por variações de procedimento mais adequadas à aprendizagem de cada um. Com isso, pode-se ter uma redução no número de tentativas malsucedidas e consequente economia de tempo e esforço no trato desses comportamentos. Isso tem relevância direta no âmbito da ética e da aplicação, ampliando a previsão e controle do comportamento de organismos “não intactos”.

Nos exemplos fornecidos ao longo do texto, tecnologias invasivas e não invasivas integraram o quadro de recursos tecnológicos empregados no estudo da discriminação de estímulos envolvendo eventos neurais. Skinner (1974), ao propor uma analogia entre observações em nível neural e o princípio da incerteza de Heisenberg, afirma que: “qualquer meio empregado para observar a mediação neural do comportamento pode perturbá-lo” (p. 214). Em outras palavras, procedimentos invasivos podem alterar o nosso objeto de estudo, inviabilizando a sua observação direta. Uma saída para isso é o emprego de procedimentos que não necessitam de intervenções cirúrgicas. A tecnologia de neuroimagem, embora não seja totalmente isenta de interferência sobre o comportamento, talvez seja a melhor alternativa de que dispomos no momento para quantificar mudanças cerebrais específicas enquanto os sujeitos aprendem determinadas relações. Se pensarmos em um *continuum* de interferência, talvez esse procedimento seja, hoje, um dos que produzem menos perturbação na atividade cerebral, comparativamente a outros procedimentos.

Em resumo, este trabalho abordou alguns estudos experimentais que analisaram eventos neurais como parte do fenômeno comportamental, especificamente em processos discriminativos. Os estudos analisados nos dão base para sugerir que as tecnologias disponíveis nas neurociências podem permitir maior conhecimento acerca do mundo que reside sob a pele do organismo (Skinner, 1974), contribuindo, assim, para o aprimoramento do estudo do comportamento como um todo. Se o comportamento envolve a interação entre organismo e ambiente, é necessário que conheçamos ambas as partes dessa relação. Os exemplos aqui analisados suscitam reflexões sobre a natureza dos eventos internos ao organismo e confirmam, com dados experimentais, a proposta, até recentemente restrita ao nível filosófico, de que tanto eventos externos quanto internos ao organismo são regidos pelas mesmas leis (Skinner, 1945, 1953/1965). A inclusão de dados experimentais neurofisiológicos no corpo teórico da Análise do Comportamento pode ser uma resposta a críticas similares àquela exposta por Carrara (2005) que se refere a “certo descaso do Behaviorismo Radical para com os dados da fisiologia dos organismos” (p. 332). Por fim, considera-se que a comunicação com áreas afins pode contribuir não só para um conhecimento mais amplo e preciso de fenômenos comportamentais, como pode, também, contribuir para o fortalecimento da Análise do Comportamento enquanto ciência. Uma integração entre análises comportamentais e (neuro) fisiológicas pode ser um passo importante nessa direção.

## Referências

- Azrin, N. H., Hutchinson, R. R., & Hake, D. F. (1966). Extinction-induced aggression. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9(3), 191-204. DOI: 10.1901/jeab.1966.9-191
- Black, J., Belluzzi, J. D., & Stein, L. (1985). Reinforcement delay of one second severely impairs acquisition of brain self-stimulation. *Brain Research*, 359, 113-119. DOI: 10.1016/0006-8993(85)91418-0
- Botomé, S. P. (2013). O conceito de comportamento operante como problema. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 9(1), 19-46.
- Breland, K., & Breland, M. (1961). The misbehavior of organisms. *American Psychologist*, 16, 681-684. DOI: 10.1037/h0040090
- Bueno, J. L. O., & Bueno Júnior, L. S. (2007). Estimação temporal de ratos com lesão hipocampal em discriminação condicional operante. *Interamerican Journal of Psychology*, 41(3), 329-340.
- Carrara, K. (2005). *Behaviorismo radical: Crítica e metacrítica* (2a ed.). São Paulo: Editora UNESP.
- Carrara, K., & Zilio, D. (2013). O comportamento diante do paradigma behaviorista radical. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 9(1), 1-18.
- Catania, A. C. (1999). *Aprendizagem: Comportamento, linguagem e cognição* (4ª ed.; D. G. Souza et al., Trans.). Porto Alegre: Artmed. (Trabalho original publicado em 1998)
- Dickins, D. W., Singh, K. D., Roberts, N., Burns, P., Downes, J. J., Jimmieson, P., & Bentall, R. P. (2001). An fMRI study of stimulus equivalence. *NeuroReport*, 12(2), 1-7.
- Dinsmoor, J. A. (1995). Stimulus control: Part II. *The Behavior Analyst*, 18, 253-269.
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1994). *Learning and complex behavior*. Boston: Allyn and Bacon.
- Grice, G. R. (1948). The relation of secondary reinforcement to delayed reward in visual discrimination learning. *Journal of the Experimental Psychology*, 38(1), 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0061016>
- Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4, 267-272. DOI: 10.1901/jeab.1961.4-267
- Herrnstein, R. J., & Loveland, D. H. (1975). Maximizing and matching on concurrent ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 24(1), 107-116. DOI: 10.1901/jeab.1975.24-107.
- Hineline, P. N. (1984). Aversive control: A separate domain? *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 42(3), 495-509. DOI: 10.1901/jeab.1984.42-495
- Hunziker, M. H. L. (2011). Afinal, o que é controle aversivo? *Acta Comportamental*, 19(4), 9-19.
- Lashley, K. S. (1920). Studies of cerebral function in learning. *Psychobiology*, 2(1), 55-135. DOI: 10.1037/h0071866
- Lazzeri, F. (2013). Um estudo sobre definições de comportamento. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 9(1), 47-65.
- Matos, M. A. (1997). Com o que o behaviorismo radical trabalha. Em R. A. Banaco (Org.), *Sobre Comportamento e Cognição: Aspectos teóricos, metodológicos e de formação em análise do comportamento e terapia cognitivista* (Vol. 1, pp. 45-53). Santo André: ARBytes.
- Moore, J. (1997). Some thoughts on the S-R issue and the relation between behavior analysis and behavioral neuroscience. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 67(2), 242-245. DOI: 10.1901/jeab.1997.67-242
- Moore, J. (2002). Some thoughts on the relation between behavior analysis and behavioral neuroscience. *The Psychological Record*, 52(3), 261-279.

- Morgan, D., Grant, K. A., Gage, H. D., Mach, R. H., Kaplan, J. R., Prioleau, O., Nader, S. H., Buchheimer, N., Ehrenkauffer, R. L. e Nader, M. A. (2002). Social dominance in monkeys: Dopamine D2 receptors and cocaine self-administration. *Nature Neuroscience*, 5, 169-174. DOI: 10.1038/nn798
- Morse, W. H., & Skinner, B. F. (1958). Some factors involved in the stimulus control of operant behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1, 103-107. DOI: 10.1901/jeab.1958.1-103
- Nakatani, E., Nakgawa, A., Ohara, Y., Goto, S., Uozumi, N., Iwakiri, M., Yamamoto, Y., Motomura, K., Iikura, Y., & Yamagami, T. (2003). Effects of behavior therapy on regional cerebral blood flow in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 124, 113-120. DOI:10.1016/S0925-4927(03)00069-6
- Nicolelis, M. A. L., & Chapin, J. K. (2004). Controlling robots with the mind. *Scientific American*, 287, 24-31. (Trabalho original publicado em 2002)
- Olds, J., & Milner, P. M. (1954). Positive reinforcement produced by electrical stimulation of the septal area and other regions of the rat brain. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 47, 419-427. DOI: 10.1037/h0058775
- Ortu, D. (2012). Neuroscientific measures of covert behavior. *The Behavior Analyst*, 35(1), 75-87.
- Paton, J. J., & Louie, K. (2012). Reward and punishment illuminated. *Nature Neuroscience*, 15(6), 807-809. DOI: 10.1038/nn.3122
- Reese, H. W. (1996). How is physiology relevant to behavior analysis? *The Behavior Analyst*, 19, 61-70.
- Schlund, M. W., & Cataldo, M. F. (2005). Integrating functional neuroimaging and human operant research: Brain activation correlated with presentation of discriminative stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 84, 505-519. DOI: 10.1901/jeab.2005.89-04
- Seligman, M. E. P., & Hager, J. L. (1972). *Biological boundaries of learning*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Sério, T. M. A. P., Andery, M. A., Gioia, P. S., & Micheletto, N. (2008). *Controle de estímulos e comportamento operante: Uma (nova) introdução* (3a ed.). São Paulo: EDUC.
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. New York: Basic Books.
- Silva, M. T. A., Gonçalves, F. L., & Garcia-Mijares, M. (2007). Neural events in the reinforcement contingency. *The Behavior Analyst*, 30(1), 17-30.
- Skinner, B. F. (1945). The operational analysis of psychological terms. *Psychological Review*, 52, 270-277. DOI: 10.1037/h0062535
- Skinner, B. F. (1965). *Science and human behavior*. New York: Free Press. (Trabalho original publicado em 1953)
- Skinner, B. F. (1974). *About behaviorism*. New York: Alfred A. Knopf.
- Skinner, B. F. (1981). Selection by consequences. *Science*, 213(4507), 501-504.
- Skinner, B. F. (1987). Whatever happened to psychology as the science of behavior? *American Psychologist*, 42(8), 780-786. DOI: 10.1037/0003-066X.42.8.780
- Skinner, B. F. (1989). The origins of cognitive thought. *American Psychologist*, 44(1), 13-18. DOI: 10.1037/0003-066X.44.1.13
- Stein, L., Xue, B. G., & Belluzzi, J. D. (1993). A cellular analogue of operant conditioning. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 60, 41-53. DOI: 10.1901/jeab.1993.60-41
- Talwar, S. K., Xu, S., Hawley, E. S., Weiss, S. A., Moxon, K. A., & Chapin, J. K. (2002). Rat navigation guided by remote control. *Nature*, 417, 37-38. DOI: 10.1038/417037a
- Terrace, H. S. (1963a). Discrimination learning with and without "errors". *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 6(1), 1-27. DOI: 10.1901/jeab.1963.6-1
- Terrace, H. S. (1963b). Errorless discrimination learning in the pigeon: Effects of chlorpromazine and imipramine. *Science*, 140, 318-319. DOI: 10.1126/science.140.3564.318
- Terrace, H. S. (1966). Stimulus control. Em W. K. Honig (Org.), *Operant behavior: Areas of research and application* (pp. 271-344). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Todorov, J. C. (2012). Sobre uma definição de comportamento. *Perspectivas em Análise do Comportamento*, 3(1), 32-37.
- Todorov, J. C., & Henriques, M. B. (2013). O que não é e o que pode vir a ser comportamento. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 9(1), 74-78.
- Tonneau, F. (2013). Comportamento e a pele. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 9(1), 66-73.
- Wolfe, J. B. (1934). The effect of delayed reward upon learning in the white rat. *Journal of Comparative Psychology*, 17(1), 1-21. DOI: http://dx.doi.org/10.1037/h0070755
- Zilio, D. (2013). *Análise do comportamento e neurociências: Em busca de uma possível síntese* (Unpublished doctoral dissertation). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Recebido em 03.06.2014

Primeira decisão editorial em 06.04.2015

Versão final em 11.05.2015

Aceito em 31.05.2015 ■