RBTCC e-ISSN: 1982-3541 Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva

ABPMC Associação Brasileira de Psicologia e Medicina Comportamental

PESQUISA ORIGINAL | ARTICLE | ARTÍCULO

Modelo Experimental de Recombinação de Repertórios em Humanos em um Ambiente Virtual

Experimental Model of Interconnection of Behavioral Repertoires in Humans in a Virtual Environment

Modelo Experimental de Recombinación de Repertorios en Humanos en un Ambiente Virtual

RESUMO: A recombinação de repertórios é um processo comportamental relacionado à criatividade e estudado majoritariamente em animais não humanos. O presente estudo tem como objetivo replicar esse processo em humanos em um ambiente virtual, via o uso da ferramenta "*puzzle creator*" do jogo comercial Portal 2®. A amostra foi composta por cinco participantes que foram expostos a uma situação problema criada no ambiente do jogo, onde eles deveriam controlar um personagem com perspectiva em primeira pessoa em um ambiente virtual tridimensional. Nenhum participante resolveu a situação problema no pré-teste, antes de qualquer treino. Entretanto, após o treino de repertórios pré-requisitos para a solução da tarefa, realizado no próprio jogo, em mapas específicos para treino, quatro dos cinco participantes resolveram a tarefa final. Esses participantes deveriam emitir os comportamentos de (1) redirecionar o laser com um cubo refletor para uma parede branca; (2) criar dois portais na parede branca para redirecionar o laser para o receptor. Diante destes dados, o jogo Portal 2® se mostra como uma ferramenta econômica e versátil para o estudo da recombinação de repertórios em humanos.

Palavras-chave: insight; jogos; ambiente virtual; recombinação de repertórios.

ABSTRACT: The interconnection of repertoires is a behavioral process related to creativity and studied mostly in non-human animals. The present study aims to replicate this process in humans in a virtual environment, using the "puzzle creator" tool of the commercial game Portal 2®. The sample consisted of five participants who were exposed to a problem situation created in the game environment, where they controled a character in first-person perspective in a three-dimensional environment. None solved

Autores

Roberto Soares Pessôa Neto [1]*

Sofia Azevêdo de Araújo [2]

Marcela Prata Oliveira [3]

Hernando Borges Neves Filho [4]

Daniely Ildegardes Brito Tatmatsu [5]

[1,2,5] Universidade Federal do Ceará
[3] Universidade de São Paulo
[4] Universidade Estadual de Londrina

Correspondente

* pessoaneto@alu.ufc.br

Correspondências: Av. da Universidade, 2853 - Benfica, Fortaleza - CE, CEP 60020-181

Dados do Artigo

DOI: 10.31505/rbtcc.v21i3.1348

Recebido: 15 de Agosto de 2019
Revisado: 23 de Março de 2020
Aprovado: 08 de Maio de 2020

Como citar este documento

Pessôa Neto, R. S., de Araújo, S. A., Oliveira Prata, M., Neves Filho, H. B., & Tatmatsu, D. I. B. (2019). Modelo experimental de recombinação de repertórios em humanos em um ambiente virtual. Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva. *21(3), 272-288*. doi: https://10.31505/rbtcc.v21i3.1348

CC BY NC OPEN ACCESS

É permitido compartilhar e adaptar. Deve dar o crédito apropriado, não pode usar para fins comerciais.

the problem situation in a pre-test, before any training. However, after training the prerequisite repertoires for solving the task, performed in the game itself, on specific training maps, four of the five participants solved the final task. These participants independently learned the following behaviors to solve the problem: 1) redirect the laser with a reflective cube to a white wall; 2) create two portals on the white wall to redirect the laser to the receiver. Given these data, the Portal 2® game shows itself as an economical and versatile tool for the study of the interconnection of repertoires in humans.
Keywords: insight; games; virtual environment; interconnection of repertoires.

RESUMEN: La recombinación de repertorios es un proceso conductual relacionado con la creatividad y estudiado principalmente en animales no humanos. El presente estudio tiene como objetivo replicar este proceso en humanos en un entorno virtual, utilizando la herramienta "*puzzle creator*" del juego comercial Portal 2®. La muestra consistió en cinco participantes que estuvieron expuestos a una situación problema creada en el juego, donde debían controlar a un personaje con una perspectiva en primera persona, en un entorno tridimensional. Ninguno participante resolvió la situación problema en una prueba previa, antes de cualquier entrenamiento. Sin embargo, después de entrenar los repertorios de requisitos previos para resolver la tarea, realizada en el juego, en mapas de entrenamiento específicos, cuatro de los cinco participantes resolvieron la tarea final. Estos participantes deben emitir los comportamientos de 1) redirigir el láser con un cubo reflectante a una pared blanca; 2) cree dos portales en la pared blanca para redirigir el láser al receptor. Con estos datos, el juego Portal 2® se muestra como una herramienta económica y versátil para el estudio de la recombinación de repertorios en humanos.
Palabras clave: insight; juegos; ambiente virtual; recombinación de repertorios.

Diferentes repertórios comportamentais, aprendidos independentemente, podem ser recombinados em uma sequência nova, dado o controle de estímulos adequado (Neves Filho, 2016; 2018). A este processo foi dado o nome de recombinação espontânea de repertórios comportamentais (Epstein, 1985) e sua primeira demonstração empírica se deu com pombos (*Columba livia*) em uma situação de resolução de problemas (Epstein, Kirshnit, Lanza, & Rubin, 1984).

Epstein et al. (1984) treinaram pombos a: (I) empurrar uma caixa em direção a um alvo, localizado em diferentes posições nas paredes de uma câmara experimental, e (II) ensinaram estes mesmos pombos a subir em uma caixa e bicar uma banana de plástico. Na situação problema, posteriormente chamada de teste de deslocamento de caixa (Cook & Fowler, 2014), a caixa estava afastada da banana, e a resolução consistia em empurrar a caixa em direção à banana, subir e bicar a banana, uma sequência de respostas nunca diretamente treinada. Pombos que aprenderam os dois repertórios resolveram o problema sem dificuldades, animais que aprenderam somente a empurrar a caixa, ou somente a subir e bicar a banana não resolveram a tarefa. Um animal que aprendeu a subir e bicar a banana e a empurrar, mas de forma não direcionada, resolveu a tarefa, mas de forma errática (i.e. ficou empurrando a caixa em diferentes direções, por vários minutos, até que eventualmente a caixa parou em baixo da banana). A resolução do problema foi dependente da aprendizagem de pré-requisitos da tarefa, aprendizagens incompletas ou a ausência

de treino de algum desses pré-requisito impossibilitaram a resolução.

Diversos estudos testaram pombos em variações do teste de deslocamento de caixa, testando a recombinação de três (Epstein, 1985; Luciano, 1991) e quatro (Epstein, 1987) repertórios. Além disso, foram investigados os efeitos de diferentes quantidades de treino de cada repertório, e o efeito de diferentes reforçadores no treino das mesmas (Neves Filho, 2015; Neves Filho, Assaz, Dicezare, Knaus & Garcia-Mijares, no prelo). A recombinação de repertórios também foi observada em diferentes espécies, expostas a diferentes situações problema, como por exemplo ratos (Neves Filho, Stella, Dicezare, & Garcia-Mijares, 2015; Neves Filho, Dicezare, Martins Filho, & Garcia-Mijares, 2016; Dicezare, 2017; de Araújo, S. A., 2019; Prata Oliveira, M., 2019; Ferreira, Carvalho Neto, Borges & Neves Filho, 2020), macacos-prego (Neves Filho, Carvalho Neto, Barros, & Costa, 2014; Neves Filho, Carvalho Neto, Malheiros, Taytelbaum, & Knaus, 2016), corvos da Nova Caledônia (Taylor, Elliffe, Hunt, & Gray, 2010; Neves Filho, Knaus, & Taylor, 2019), cães (Martins Filho, 2018) e humanos (Sturz, Bodily, & Katz, 2010).

No estudo com humanos (Sturz et al., 2010), 32 jovens adultos foram expostos a uma situação problema criada em um jogo comercial de videogame, com perspectiva em primeira pessoa. Os participantes foram divididos em três grupos, de acordo com sua experiência com jogos de videogame (baixa, média e alta) medida por um questionário. O questionário foi utilizado como medida de linha de base, já que humanos rotineiramente jogam videogames, que compartilham de mecânicas e comandos. Participantes de cada grupo foram aleatoriamente alocados em duas condições experimentais: uma condição com treino de pré-requisitos da tarefa planejada, e uma condição sem treino (exposição somente à situação de teste). A tarefa planejada, criada como uma modificação (MOD) de um jogo de computador comercial em primeira pessoa (*Half-Life*®), consistia em uma sala que possuía uma saída do outro lado de um abismo. Para alcançar a saída e resolver o problema, os participantes precisavam puxar uma caixa, disponível em um recesso em uma das paredes da sala, empurrar a caixa até o abismo, de modo que a caixa caísse no abismo, formando uma ponte, pular na caixa e pular em direção a saída. Todos os *inputs* do jogo eram feitos via controles de *mouse* e teclado.

O grupo de participantes que recebeu o treino aprendeu separadamente a (I) puxar caixas, (II) empurrar caixas e (III) pular obstáculos. Participantes que possuíam alta experiência com jogos resolveram o problema independentemente de haver ou não uma etapa de treino de pré-requisitos antes do teste, entretanto, participantes com pouca experiência, mas que passaram pelo treino dos repertórios pré-requisito resolveram o problema em tempos próximos aos participantes com experiência extra-experimental (como medida pelo questionário). Participantes com pouca experiência e que não receberam o treino não resolveram o problema ou resolveram de forma mais lenta e errática. Assim, foi produzido em laboratório, via recombinação de repertórios, uma performance efetiva de resolução de problemas em jogadores com pouca experiência com videogames, performance esta similar à de jogadores com muita experiência em diferentes jogos.

Diante disto, os dados de Sturz et al. (2010) mostram que é possível, via questionário, se obter uma linha de base de humanos que jogam videogame, e assim selecionar participantes mais sensíveis às variáveis de treino. Os resultados indicam que jogar videogames é uma atividade que envolve e produz a recombinação de repertórios, na medida em que participantes que jogam diferentes jogos, com diferentes mecânicas, mas que compartilham de habilidades e contextos, podem eventualmente recombinar estas habilidades em diferentes jogos, como mos-

trou o dado com participantes com alta experiência em jogos, que resolveram a tarefa mesmo sem um treino direto. Além disso, o estudo de Sturz et al. (2010) apresentou um procedimento simples e econômico para testar a recombinação de repertórios em humanos. Ao utilizar uma modificação de um jogo de videogame comercial (*Half Life*®), os autores economizaram tempo e recursos, na medida em que não foi necessário criar um *software* exclusivo para a coleta de dados (para considerações sobre as vantagens e desvantagens do uso de jogos comerciais para pesquisa, ver McMahan, Ragan, Leal, Beaton, & Bowman, 2011). A mesma estratégia, utilizando o mesmo jogo, também foi utilizada para estudar fenômenos da psicologia social (Kozlov & Johansen, 2010). Seguindo esta lógica, atualmente um jogo que tem ganhado destaque em pesquisas sobre cognição e comportamento humano é o Portal 2®, da mesma desenvolvedora de *Half Life*® (Valve®).

O primeiro jogo da série, Portal® (lançado em 2007), já foi utilizado para estudar a aprendizagem de conceitos de física básica (Adams, Pilegard, & Mayer, 2015) e sua sequência, Portal 2® (lançado em 2011), já foi utilizado em pesquisas de resolução de problemas (Foroughi et al., 2016; Shute & Wang, 2015) e aprendizagem de padrões (Vaddi et al., 2016). Ambos, Portal® e Portal 2®, são jogos na perspectiva em primeira pessoa (i.e. o jogador interage com um ambiente tridimensional na visão do personagem, como se estivesse "na pele" deste). Uma vantagem do jogo Portal 2®, em comparação com seu predecessor, é que há no jogo uma ferramenta de construção de mapas, que não requer conhecimento de programação. Assim, essa ferramenta pode ser manipulada por experimentadores que possuem e que não possuem conhecimentos de desenvolvimento de jogos, permitindo a estes criar diversos cenários controlados, com diversos estímulos, operandos e contingências. Em outras palavras, a ferramenta permite a criação rápida de diversas "caixas de Skinner" virtuais, nas quais os jogadores fazem o papel de sujeito experimental. Além disso, é possível registrar todo o desempenho do participante nessa sala virtual, a partir da gravação em vídeo da tela do jogo. *Softwares* adicionais podem também registrar em tempo real todos os *inputs* de mouse e teclado, de maneira sincronizada ao vídeo.

Partindo disto, o presente trabalho teve por objetivo criar e testar uma situação problema na ferramenta de construção de salas virtuais presentes no jogo comercial Portal 2®, a fim de observar se é possível produzir a recombinação de repertório em humanos, a partir do treino de repertórios pré-requisito da tarefa desenhada no jogo. Apesar da recombinação ter sido observada em outro jogo em primeira pessoa (Sturz et al., 2010), não há dados com a plataforma Portal 2®. Algumas das vantagens de observar esse fenômeno neste jogo é a de que este pode ser usado como uma plataforma de baixo custo. O software pode ser adquirido na plataforma Steam® com seu preço variando de R$2,06 reais à R$20,69 (preços constatados entre os anos de 2018 e 2019). Além disso, a ferramenta de criação das salas virtuais no Portal 2® possui uma interface intuitiva, o que facilita a criação e manipulação para pessoas que não estão familiarizadas com desenvolvimento de jogos eletrônicos. Não é necessário nenhum conhecimento de programação para criar e modificar salas. Assim, na medida em que o fenômeno observado é confiavelmente replicado no ambiente deste jogo, novas variáveis podem ser adicionadas para pesquisa, bem como mapas criados podem ser usados como demonstrações didáticas do fenômeno em participantes humanos.

Método

Participantes

O estudo teve como amostra cinco participantes, quatro homens e uma mulher, maiores

de idade, alunos de um curso de graduação em Psicologia e sem experiência com procedimentos de recombinação de repertórios. Os participantes foram convidados a participar voluntariamente da pesquisa, e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que explicava no que consistia a participação no experimento. A idade média dos participantes foi de 20 anos, sendo que o mais novo tinha 20 e o mais velho, 26. Para o recrutamento de participantes, foi requisitado que estes preenchessem um questionário pela plataforma LimeSurvey® para verificar sua experiência em jogos eletrônicos e jogos focados em resolução de problemas. Aqueles que já tinham jogado Portal 2® foram excluídos da pesquisa.

Na Tabela 1 é possível observar que apenas um dos participantes jogava semanalmente jogos em primeira pessoa (P5) e que dois outros já jogaram jogos de primeira pessoa há, pelo menos, 10 anos, porém não jogam com uma frequência semanal (P1 e P3). Dois desses participantes não costumam jogar jogos de primeira pessoa, ou seja, não possuíam repertório bem desenvolvido em jogos como o Portal 2® (P2 e P4).

O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local e pela Plataforma Brasil (Plataforma Brasil CCAE 11841419.2.0000.5054, Parecer 3.319.323).

Material

Os experimentos foram conduzidos em um xiaomi mi *notebook* pro, com a tela de 15,6" e resolução de 1920 x1080 pixels, utilizando o sistema operacional Manjaro Illyria 18.0.3 com a interface gráfica XFCE 4.13. O Portal 2® foi adquirido e instalado através da plataforma Steam® na versão 2.0.0.1. A aplicação do experimento foi feita em um ambiente controlado e livre de distrações. Os cenários virtuais em que se deram os experimentos foram criados pelo experimentador através da ferramenta "*test chamber creation*", inclusa no próprio jogo. Todas as gravações de tela dos jogadores foram feitas pelo próprio jogo, que permite gravar a tela do jogador pelo console de desenvolvedor (a lista completa de comandos de console do jogo pode ser consultada na URL: https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=263127894).

Procedimento geral

Para seleção dos participantes foi utilizado um questionário na plataforma LimeSurvey® com 17 questões com o conteúdo voltado para a experiência do participante com jogos eletrônicos de primeira pessoa e jogos do gênero *puzzle* (adaptado do utilizado em Sturz et al., 2010).

Tabela 1

Respostas das perguntas relacionadas às experiências prévias com jogos.

Participante	Costuma jogar FP	Quando foi a primeira vez que jogou FP	Horas por semana jogando FP	Horas por semana jogando puzzle
P1	Não	10 + anos	0 horas	1-2 horas
P2	Não	0 meses	0 horas	0 horas
P3	Não	10+ anos	0 horas	1-2 horas
P4	Não	0 meses	0 horas	0 horas
P5	Sim	2-3 anos	1-2 horas	1-2 horas

Nota. FP indica jogos em perspectiva em primeira pessoa

Após o preenchimento do questionário e escolha dos participantes com base nas respostas dadas, teve início a sessão experimental que, considerando todas as etapas, teve duração de aproximadamente uma hora para cada participante. O delineamento experimental foi dividido em seis fases, sendo elas: (I) familiarização; (II) pré-teste; (III) treino do uso funcional de portais; (IV) treino de repertórios pré-requisito, sendo esses redirecionar laser fazendo uso de um cubo e redirecionar laser com dois portais; (V) treino de repertório não relacionado com a resolução do problema (empilhar caixas); (VI) teste de recombinação. Durante todo o treino (fases III, IV e V) o experimentador fornecia dicas verbais aos participantes, dicas estas que incentivavam os participantes a interagir com o mapa e seus principais elementos (operandos e contingências), garantindo assim que os participantes interagissem com os elementos programados para o treino dos repertórios. Todos os treinos tiveram como consequência apenas a progressão no próprio jogo (avançar uma tela, encerrar um mapa ou fugir de uma sala).

A inclusão da fase V se fez necessário para garantir um aspecto de treino não direcionado. Já que os participantes passaram por todas as fases no mesmo dia, uma imediatamente após o término da anterior, caso entrassem em contato apenas com os repertórios necessários para a resolução do problema imediatamente antes de serem expostos ao problema, o procedimento poderia induzir, ou facilitar demais a resolução do problema na sala de teste, de modo a induzir uma solução por tentativa-e-erro que interferiria com a recombinação de repertórios (e.g. Maier, 1931).

Entre uma fase e outra do experimento, o experimentador pedia licença ao participante e trocava manualmente de fase no jogo, bem como também iniciava a gravação de um novo vídeo da performance do participante (gravação da tela do computador).

Todos os mapas do jogo Portal 2® criados pelo experimentador e utilizados nesta pesquisa podem ser baixados na URL (https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=1764667969). Para rodar os mapas, basta ter o jogo Portal 2® adquirido e instalado em uma conta da Steam (para um passo a passo de como baixar e utilizar estes mapas, conferir o Anexo I).

Familiarização

Nesta primeira etapa, foram explicados os controles básicos do jogo, e o participante foi exposto a uma sala virtual de familiarização, no qual poderia testar e se familiarizar com os controles do jogo (Figura 1). A sessão teve duração máxima de 10 minutos e poderia ser encerrada antes disso, caso o participante eventualmente resolvesse o problema por exploração (tentativa-e-erro).

Os controles básicos do jogo são: olhar o ambiente (movimento do *mouse*), se movimentar no ambiente (teclas A, S, D e W do teclado),

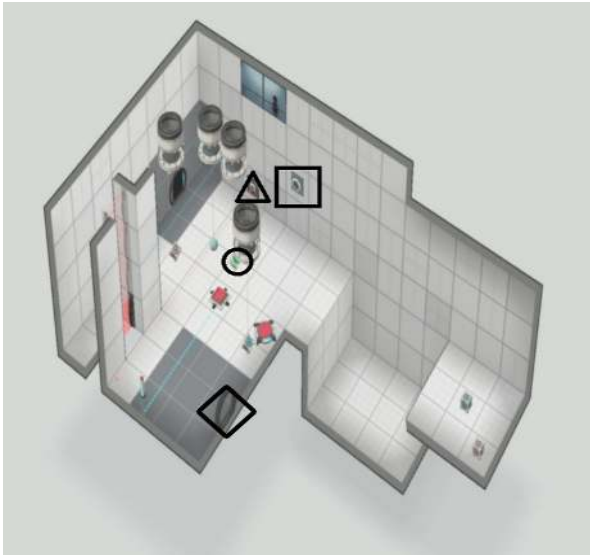


Figura 1. Mapa de familiarização. O participante tem a possibilidade de interagir com todos os elementos que integrarão o treino e as fases de pré-teste e teste. Nessa sala o círculo indica o cubo refletor, o triângulo o local de emissão do laser, o quadrado o receptor do laser e o losango a porta de entrada da sala, esses elementos marcados são aqueles que posteriormente, em outro mapa, serão necessários para resolução do problema.

manusear/carregar objetos e acionar botões (tecla E) e pular (tecla ESPAÇO). O jogo ainda permite utilizar os botões do mouse para criar "portais". Essas funcionalidades foram explicadas no início dessa fase de maneira verbal.

Na sala de familiarização o participante poderia entrar em contato com 11 objetos (operandos). Com os objetos presentes nessa sala o participante poderia realizar as seguintes interações: carregar cubos e esferas e soltá-los em botões de pressão presentes no chão; apertar um *Pedestal Button* (um pedestal com um botão no topo), pressionando a tecla E no teclado, para desligar um *Laser Field* (uma parede formada por laser que impede a passagem enquanto estiver ativo); redirecionar o laser com o cubo refletor; redirecionar o laser com portais (esses que só podem ser projetados em paredes brancas); se locomover com portais e transportar objetos com portais. Todos estes repertórios foram posteriormente utilizados durante o treino e teste.

Pré-teste

A sala utilizada na fase de pré-teste foi a mesma posteriormente utilizada no teste de recombinação (Figura 2). A sessão de pré-teste teve duração de 15 minutos e seu objetivo era apresentado pelo experimentador com a frase "seu objetivo nessa sala é abrir a porta que se encontra fechada e sair por ela". Essa sala foi dividida em seis seções, a primeira delas (A) consistia em uma sala gerada automaticamente pelo jogo onde o participante assumiu o controle do personagem, precisando passar por um corredor genérico. Chegando na seção seguinte (B), composta por uma ante-sala que teve a função de comprovar que os controles estavam funcionando e que o participante saberia fazer uso desses, o participante teria que se aproximar de um *Pedestal Button* e interagir com ele fazendo uso da tecla "E" para desativar um *Laser Field,* podendo, assim, progredir. A terceira seção (C) foi composta por um corredor que levava à porta que se abriria quando o problema fosse solucionado com cinco operandos, sendo eles: um cubo refletor, dois cubos e duas esferas. Esse corredor foi inserido para conectar as ante-salas (seção B, D, E e F). Esta divisão em ante-salas foi necessária para diminuir a probabilidade de solução por tentativa-e-erro, visto que se todos os elementos estivessem dispostos na mesma sala o custo para cada tentativa seria menor, e participantes ativos poderiam eventualmente resolver o problema por mera persistência (i.e. tentativa-e-erro). Na ante-sala onde a recombinação dos repertórios deveria ser emitida (D), o participante poderia fazer uso dos operandos emissor de laser e o receptor de laser. As seções (E) e (F), não tinham relação com a resolução do problema, sendo apenas salas opcionais para exploração. Ambas foram desenvolvidas para aumentar o número de elementos e situações que o participante pudesse interagir, diminuindo a probabilidade de indução à uma resolução por tentativa-e-erro. Nela, estavam dispostos três cubos e um buraco em seu meio, o participante poderia se locomover fazendo uso de portais nas paredes brancas, porém nenhuma interação nessa ante-sala estava relacionada diretamente com a solução do problema. Por fim, a seção (F) correspondia a uma ante-sala com um cubo refletor e duas esferas, havendo dois botões de pressão, um no nível do chão e o outro em uma elevação que só podia ser acessada com o uso de portais ou ao empilhar os cubos, porém esses não estavam relacionados a resolução do problema.

Dada a complexidade da situação de teste, era possível resolver o problema de duas maneiras distintas. Em uma das maneiras, era necessário adentrar na seção (D) (Figura 2) e posicionar um cubo refletor embaixo do laser gerando uma angulação de 90° com o chão. Feito isso, o participante precisava direcionar o laser para a parede branca onde se encontra-

va a porta de saída e, em seguida, com outro cubo refletor, redirecionar o laser para a parede branca oposta ao receptor. Feito isso, nessa mesma parede o jogador deveria fazer uso de dois portais para direcionar esse laser para o receptor e assim abrir a porta e resolver o problema (parte superior da Figura 3). Uma outra maneira de resolver o problema era adentrar a sala a sua esquerda e posicionar um cubo refletor embaixo do laser gerando uma angulação de 90° com o chão. Feito isso, o participante precisava direcionar o laser para a parede branca onde se encontra a porta e fazer o uso de dois portais para redirecioná-lo ao receptor (parte inferior da Figura 3).

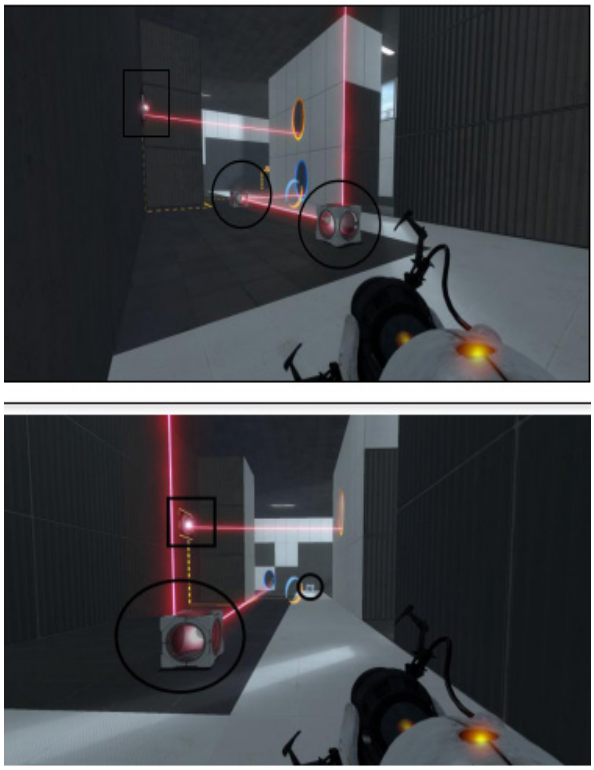


Figura 3. Sala de teste com problema resolvido, na perspectiva do jogador (primeira pessoa). O problema poderia ser resolvido de duas maneiras. A imagem superior demonstra a resolução fazendo uso de dois cubos e a inferior com apenas um. Os círculos indicam os cubos refletores e o quadrado é o receptor do laser.

Treino do uso funcional de portais

Antes do treino dos principais repertórios pré-requisitos para a tarefa, foi realizado um treino de uso funcional de portais, uma mecânica básica do jogo que consiste em transportar o jogador entre dois locais. Nesta etapa,

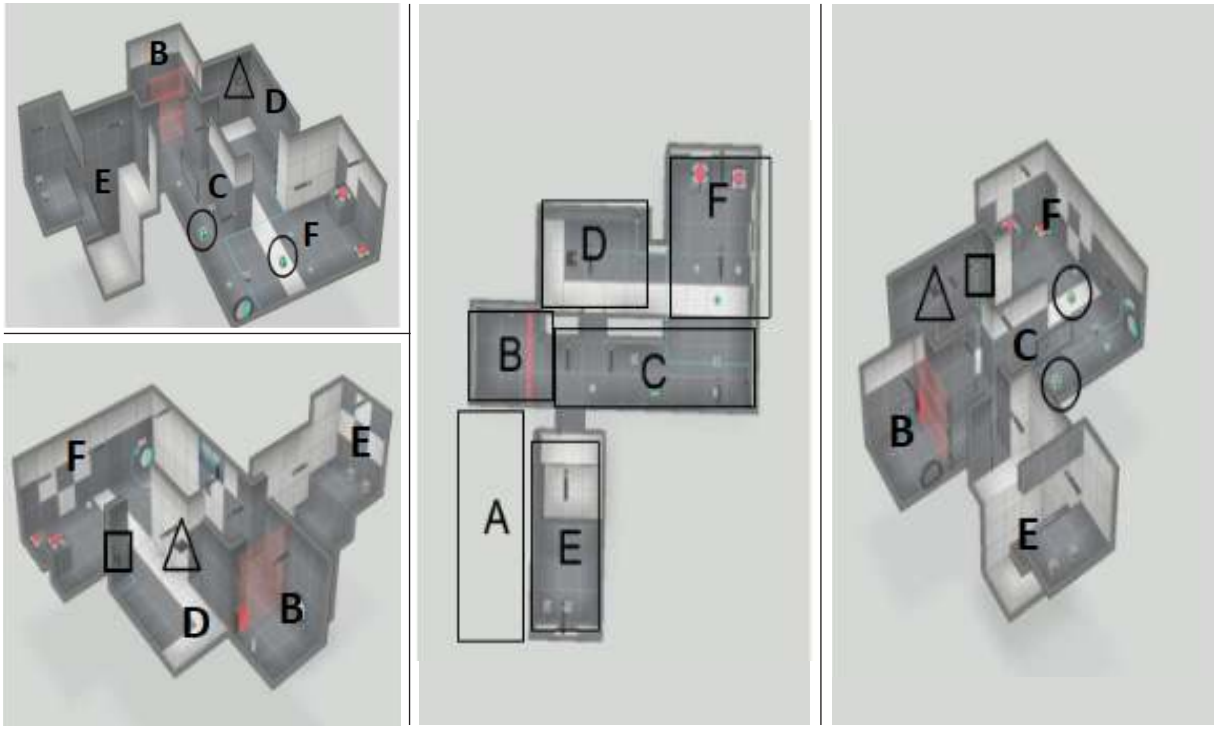


Figura 2. Sala de teste de recombinação na visão isométrica. Os círculos indicam os cubos refletores, o triângulo indica o local de emissão do laser e o quadrado é o receptor do laser. As seções representadas pelas letras A, B, C, D, E, F correspondem as áreas nas quais o participante pode transitar durante esta etapa do experimento.

os participantes aprenderam a utilizar os portais para se movimentar (Figura 4). Dicas verbais foram fornecidas para facilitar e garantir a aprendizagem.

Antes de serem inseridos na sala, os participantes foram instruídos verbalmente a como produzir e utilizar os portais "Lembra que na etapa passada você criou dois portais? Agora você precisa criá-los para superar os obstáculos que encontrar".

Nessa sala foram apresentados três objetos, sendo eles, um *Pedestal Button*, cuja função era desligar um *Laser Field* para permitir a passagem do participante, uma plataforma que tinha como função lançar o participante. Com isso, ele deveria chegar ao final da sala criando um portal que pudesse acessar no espaço branco próximo a ele e outro após o obstáculo. A última etapa consistia em pular em um portal no final do buraco e sair em um portal próximo ao teto, pois ao manter seu *momentum* de deslocamento, o jogador alcançaria a porta de saída.

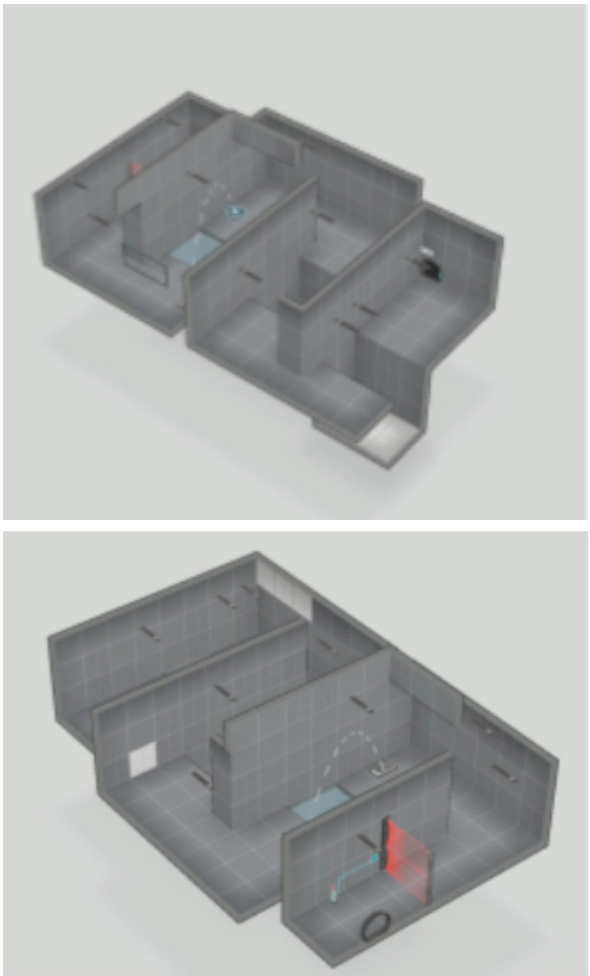


Figura 4. Sala de treinamento do uso de portais. Nela o participante aprendeu como usar os portais de maneira funcional. Apenas as paredes brancas aceitavam a criação do portal, e por serem poucas e destacadas das demais paredes, serviam de discriminativo para o comportamento de atirar e criar portais. Participantes receberam apoio verbal para entrar em contato com essa contingência.

Treino de repertórios pré-requisito (direcionar um laser com um cubo refletor e direcionar um laser com portais)

Primeiro foi ensinado o repertório de direcionar o laser com um cubo (DLC) e, depois, o repertório de direcionar o laser com portais (DLP). Para o treino de DLC e DLP, o participante passou por um mapa (Figura 5) que possuía pequenas seções separadas por uma barreira. Nessas seções, o participante deveria apresentar o comportamento de direcionar o laser com os elementos presentes apenas nessas salas. Após o direcionamento do laser ao receptor com esse elemento, a barreira sairia e ele poderia progredir para as próximas seções. Primeiramente foi apresentado o cubo, e só depois ocorreu o treino com o uso de portais. Após passar pelas seções de treino de DLC e DLP, o participante deveria ainda empilhar cubos para chegar até a porta e encerrar esta etapa. A habilidade de empilhar cubos não foi necessária para resolver a tarefa no teste final, e foi incluída nesta última etapa de treino apenas como um "distrator", para evitar que os participantes chegassem na sala de teste com alta probabilidade de emitir um repertório imediatamente treinado (o que induziria uma resolução por tentativa-e-erro).

Teste de recombinação

Foi idêntico ao Pré-teste e teve duração de, no máximo, 15 minutos. O experimento foi

encerrado no momento em que o participante resolvia a tarefa, ou ao final dos 15 minutos de sessão.

Resultados

Familiarização

Os participantes exploraram a sala durante 10 minutos. Os participantes P1, P2, P3 e P5 apresentaram comportamentos de usar portais e interagir com os objetos. Enquanto o participante P4 não apresentou o comportamento de usar portais para se locomover (i.e. atirar o portal e depois entrar no portal), ele apenas atirou os portais nas paredes algumas vezes.

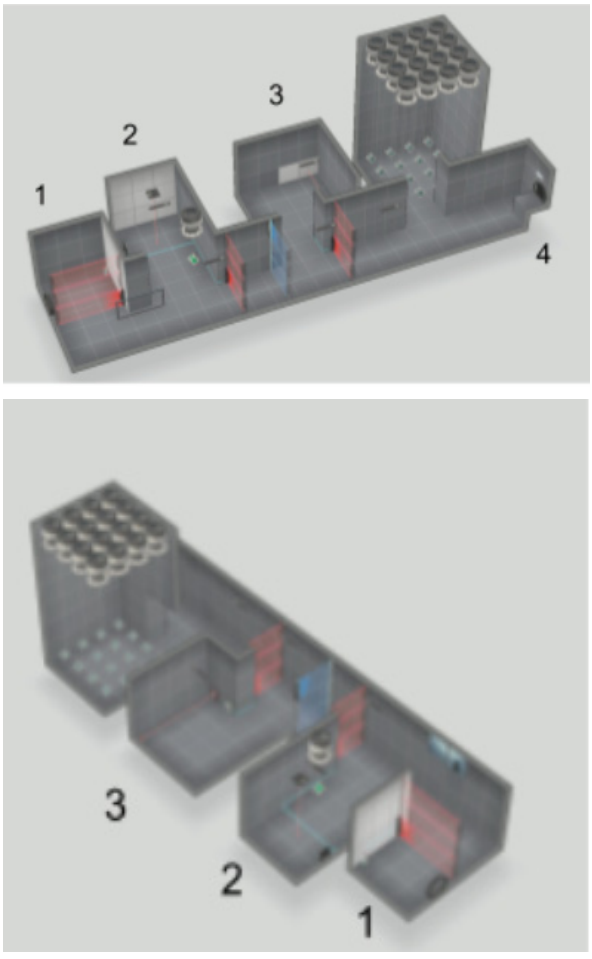


Figura 5. Sala de treino dos repertórios de direcionar o laser com o cubo e direcionar o laser com portal. Os números indicam seções da sala, que são: 1, entrada; 2, local de treino de direcionar laser com cubo; 3, local de treino de direcionar o laser com portais; e 4, local de treino de empilhar cubos. Assim como no treino anterior, foram dadas dicas verbais para os participantes concluírem o treino.

Todos os participantes apresentaram os comportamentos de se locomover, pular e interagir com todos os objetos.

Pré-teste

Nenhum participante resolveu o problema no pré-teste. Todos os participantes apresentaram o comportamento de levantar e carregar o cubo para outras funções não relacionadas com a resolução do problema. Os participantes P1, P2 e P5 foram os únicos que fizeram uso de portais para transportar objetos e se locomover. Além disso P3, P4 e P5 passaram boa parte do tempo interagindo com os dois botões na seção F (conferir na Figura 2) e ficaram manuseando o cubo de diferentes maneiras.

Os participantes P3 e P4 caíram no buraco na seção (E) e ficaram presos até que o tempo de sessão se esgotasse. P1 caiu no buraco logo no início dessa fase, mas conseguiu sair fazendo uso de portais, P2 e P5 não chegaram a entrar nessa ante-sala. O participante P2 ficou a maior parte do tempo colocando objetos embaixo do laser, inclusive o cubo refletor, mas não houve um manejo de forma direcionada à solução do problema.

Treino do uso funcional de portais e de repertórios pré-requisito

Todos os participantes concluíram o treino de repertórios pré-requisito com o auxílio de dicas verbais. Cada repertório foi aprendido em uma sessão e cada uma delas durou em torno de 15 minutos. O repertório "uso funcional de portais" foi o que os participantes apresentaram maior dificuldade.

As instruções fornecidas consistiram em variações das frases: "Se você criar um portal ao final do buraco e um no topo da parede a velocidade que você terá ao entrar no portal será mantida", e "atire na parede e explore o portal". As instruções foram dadas para facilitar

a aprendizagem e garantir que todos os participantes tivessem experiência com as contingências de treino programas, garantindo assim alguma experiência direta com os elementos necessários para a resolução do problema, antes de serem expostos ao teste.

Teste

Quatro dos cinco participantes conseguiram solucionar a situação problema após o treinamento de repertórios pré-requisitos (Tabela 2). Apenas P5, participante que tinha mais experiência prévia com jogos, como medida pelo questionário, não conseguiu solucionar o teste final, mesmo tendo apresentado os dois comportamentos necessários nas situações de treino. O tempo médio de resolução do problema foi de seis minutos e um segundo.

Daqueles que conseguiram solucionar na situação de teste, quatro tiveram um intervalo menor do que um minuto entre a emissão dos dois repertórios que solucionavam a tarefa (Tabela 2).

Os participantes P1 e P2 apresentaram maior diretividade para a resolução do problema e não emitiram comportamentos que concorreram com a resolução, sem considerar comportamentos exploratórios na sala com intuito de reunir os elementos necessários. Já o participante P3, durante os três minutos iniciais da sessão experimental, não se movimentou em direção à seção (D), tendo passado a maior parte do tempo coletando objetos para criar uma escada que o levasse até o botão localizado na seção (F). Ele foi até a seção (E), atravessando a seção (D) e pegou dois cubos localizados depois do buraco. No sexto minuto, ele observou o receptor de laser na seção (D), olhou brevemente na direção da parede branca e pegou um cubo refletor, o carregando até a seção (D), onde ele emitiu o primeiro comportamento da cadeia, resolvendo o problema em seguida. O participante P4 demorou a emitir o segundo comportamento relacionado com a resolução do problema, pois se engajou em atividades exploratórias, porém após explorar o ambiente, resolveu o problema (Tabela 3).

O participante P5, o único que não conseguiu solucionar o problema em 15 minutos, apresentou um comportamento direcionado a resolução, porém insistiu em fazer uso de um cubo direcionado para a parede oposta ao receptor, onde havia posicionado um portal que tinha sua saída para o receptor. Apesar de ter apresentado os dois comportamentos necessários para a resolução do problema, a topografia emitida não permitiu alinhar o laser com o receptor, em outras palavras, o participante estava tentando resolver o problema de outra maneira, que não a efetivamente planejada pelos experimentadores. A única variação apresenta-

Tabela 2
Emissão dos repertórios pré-requisitos

Participante	1º Comportamento	2º Comportamento	Diferença	Resolução
1	25 s CL	57 s P	32 s	1 min, 7 s
2	48 s P	59 s CL*	11 s	2 min, 48 s
3	6 min, 54 s CL	6 min, 59 s P	5 s	9 min, 15 s
4	1 min, 10 s CL	10 min, 33 s P	9 min, 23 s	11 min, 14 s
5	1 min, 18 s CL	1 min, 40 s P	22 s	RP

Nota. CL = colocar o segundo cubo refletor no laser; P = criar dois portais direcionados a resolução; Dif. = diferença de tempo entre a emissão do primeiro e do segundo comportamento alvo; R = resolução; SR = sem resolução; * resolveu o problema com apenas um cubo refletor.

da durante os quinze minutos foi a inclusão de um cubo posicionado acima de outro (similar ao que foi aprendido na situação de empilhar cubos, que era uma habilidade não relacionada com a resolução da tarefa), que teve como função modificar a altura da saída do laser, mas não foi suficiente para resolver o problema.

Discussão

Os dados apresentados mostram que foi possível produzir a recombinação de repertórios utilizando mapas criados no jogo Portal 2®. Os dados obtidos estão alinhados com os dados descritos em pesquisas anteriores, nos quais participantes com o devido treino de repertórios pré-requisito conseguem resolver um problema que antes, sem o treino (na situação pré-teste), era irresolúvel (Epstein et al., 1984; Neves Filho, 2016). Curiosamente, o único participante que, mesmo após o treino, não resolveu o problema final não o fez pois tentou uma solução totalmente inédita, não necessariamente ligada aos repertórios treinados. Isto possivelmente se deu pelo fato deste participante ter sido o participante com maior experiência com jogos em primeira pessoa, como medida pelo questionário aplicado.

No teste, todos os participantes emitiram respostas iniciais de exploração até o momento que ficaram sob controle do receptor de laser, que sinalizou uma possível forma de resolver o problema. Ao iniciar a interação com este objeto, os participantes iniciaram a cadeia de resolução do problema, que é o padrão consistentemente observado em estudos anteriores de recombinação de repertórios. Entretanto, ao comparar nossos resultados com os obtidos por Sturz et al. (2010) com humanos, há uma discrepância entre os resultados relativos ao questionário de experiência prévia, já que no estudo de Sturz et al. (2010) aqueles participantes que apresentaram maior experiência extra-experimental resolveram o problema em um menor tempo. No presente estudo, a experiência extra-experimental não foi um fator determinante para a resolução do problema e os participantes mais experientes não aprenderam e nem resolveram o problema em um menor tempo, de fato, o participante com mais experiência (P5) foi o que não resolveu a tarefa. Talvez, seu amplo repertório com jogos deste tipo tenha atrapalhado a recombinação no teste, o que é uma pergunta empírica em aberto que pode ser explorada em experimentos futuros que tenham como objetivo compreender melhor a relação entre história experimental com um jogo e história extra-experimental genérica com jogos similares.

Tabela 3

Comportamentos emitidos em maior frequência durante a fase de teste em comparação com os emitidos no pré-teste

	Teste					
Participante	**Pré-teste**			**Teste**		
P1	Bot. Press.	Cubos	SR	Cubo Refl.	Portais	**R**
P2	Bot. Press.	Portais	SR	Cubo Refl.	Portais	**R**
P3	Bot. Press	Cubos	SR	Bot. Press.	Cubos	**R**
P4	Cubos	Pular	SR	Cubos	Esferas	**R**
P5	Bot. Press	Cubos	SR	Cubo Refl.	Portais	RP

Nota. Na primeira e segunda coluna de cada teste se encontram os elementos que os participantes interagiram com maior frequência, na terceira seria se houve resolução do problema ou não. Bot. Press.= colocar objetos no botão de pressão; Cubos= interagir com qualquer tipo de cubo; Portais= emitir um ou mais portais; Cubo Refl.= interagiu com cubos refletores; Esferas= interagiu com esferas; SR= sem resolução; R= resolução; RP= resolução parcial.

Um dos limitantes deste estudo, que pode ser resolvido em estudos futuros, foi relativo à amostra selecionada, que integralmente corresponde a alunos universitários e majoritariamente masculina. Assim, seria interessante para estudos futuros aumentar o escopo dessa amostra para diferentes níveis de escolaridade, gênero e o seu tamanho. Estudos envolvendo graus de experiência dos participantes com jogo similares poderiam ser proveitosos, visto que a influência do histórico de cada um se mostrou fundamental para a performance no estudo de Sturz et al. (2010) e teve um efeito inesperado em nossos dados. Além disso, *softwares* adicionais de registros de *inputs* de mouse e teclado, sincronizados à filmagem da tela, poderiam ainda fornecer dados para análises adicionais.

Também seria importante uma análise mais minuciosa de cada etapa de treino, pois se faz necessário compreender o impacto de cada uma delas na resolução dos problemas. Em nosso estudo, por se tratar de uma adaptação de um modelo desenhado para animais não-humanos, a preocupação foi em tornar o treino o menos diretivo possível, sem tornar este treino extensivo demais. Assim foram incluídos treinos de repertórios irrelevantes (etapa V) e seções na sala de teste que não tinham relação com o problema (seções E e F). Isto foi feito para evitar que o participante tivesse somente a oportunidade de emitir respostas relacionadas com a resolução do problema, o que poderia enviesar o dado (se tudo que o participante pudesse interagir tivesse relação com a resolução do problema, isso facilitaria a resolução por exploração). Entretanto, isto aumentou as variáveis de treino, o que certamente afetou o desempenho de resolução de problemas. Aprimoramentos nos mapas utilizados em nossa pesquisa, ou mesmo novos mapas que podem facilmente ser construídos e compartilhados no Portal 2®, potencialmente podem resolver ou minimizar estes problemas, abrindo novas portas para a pesquisa da resolução de problemas via a recombinação de repertórios em humanos.

Conclusão

Com os dados analisados foi possível observar a replicação dos dados obtidos com animais não-humanos, viabilizando assim o uso do Portal 2® para a produção de pesquisa básica de recombinação de repertórios. No jogo é possível criar situações de treino e teste que produzem a recombinação de repertórios, e para se criar estas situações não é necessário conhecimento prévio acerca de programação ou criação de jogos. Sem exagero, é possível afirmar que o jogo permite a criação de infinitas variedades de "caixas de Skinner", com operandos e contingências que podem se estabelecidas pelos experimentadores, experimentadas pelos participantes, e registradas pelo jogo (via gravação de tela). Desta maneira, o jogo é uma ferramenta econômica para fins de pesquisa, já que variáveis podem ser inseridas apenas modificando ou criando novas salas, um processo rápido e sem custos financeiros adicionais além do investimento inicial de aquisição do jogo. Além disso, estes mapas, que podem ser compartilhados, podem também ser usados para fins didáticos. Na medida em que o fenômeno aqui estudado pôde ser replicado neste ambiente em pouco tempo, e exigindo pouco treino (de experimentadores e participantes), temos aqui um potencial candidato de exemplo didático de recombinação de repertórios em humanos, exemplo este que requer somente um computador, e pode ser realizado remotamente.

Referências

Adams, D. M., Pilegard, C., & Mayer, R. E. (2015). Evaluating the cognitive consequences of playing Portal for a short duration. *Journal of Educational Computing Research*, *54*, 173-195. doi: 10.1177/0735633115620431

Cook, R., & Fowler, C. (2014). "Insight" in pigeons: Absence of means–end pro-

cessing in displacement tests. *Animal Cognition*, *17*, 207-220. doi: 10.1007/s10071-013-0653-8

de Araújo, S. A. (2019). *Influência da ayhuasca na resolução de problemas por uma nova cadeia de respostas*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil). Recuperado de http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/45393

Dicezare, R. H. F. (2017). *Recombinação de comportamento em ratos Wistar (Rattus norvegicus) em um novo procedimento de deslocamento de caixa*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil). doi: 10.11606/D.47.2017.tde-24072017-175858

Epstein, R., Kirshnit, C. E., Lanza, R. P., & Rubin, L. C. (1984). 'Insight' in the pigeon: antecedents and determinants of an intelligent performance. *Nature*, *308*, 61-62. doi: 10.1038/308061a0

Epstein, R. (1985). The spontaneous interconnection of three repertoires of behavior in a pigeon (*Columba livia*). *Psychological Record*, *35*, 131-141. doi:10.1037/0735-7036.101.2.197

Epstein, R. (1987). The spontaneous interconnection of four repertoires of behavior in a pigeon (*Columba livia)*. *Journal of Comparative Psychology*, *101*, 197-201. doi: 10.1037/0735-7036.101.2.197

Ferreira, P. A., Carvalho Neto, M. B., Borges, R. P. & Neves Filho, H. B. (2020). Treino de repertório sucessivo ou misto sobre a resolução de problemas em *Rattus norvegicus*. *Acta Comportamentalia*, *28*(1), 5-22.

Foroughi, C. K., Serraino, C., Parasuraman, R., & Boehm-Davis, D. A. (2016). Can we create a measure of fluid intelligence using Puzzle Creator within Portal 2? *Intelligence, 56*, 58-64. doi: 10.1016/j.intell.2016.02.011

Kozlov, M. D., & Johansen, M. K. (2010). Real behavior in virtual environments: psychology experiments in a simple virtual-reality paradigm using video games. *Cyberpsychology*, *Behavior and Social Networks*, *13*, 711-714. doi: 10.1089/cyber.2009.0310

Luciano, C. (1991). Problem solving behavior: an experimental example. *Psicothema*, *3*, 297-317.

Maier, N. R. F. (1931). Reasoning and learning. *Psychological Review, 38*(4), 332–346. doi: 10.1037/h0069991

Martins Filho, A. (2018). *Resolução de problemas pela recombinação de classes operantes em cães domésticos (Canis lupus familiaris)*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil). doi: 10.11606/D.47.2018.tde-22052018-151517

McMahan, R. P., Ragan, R. D., Leal, A., Beaton, R. J., & Bowman, D. A. (2011). Considerations for the use of commercial video games in controlled experiments. *Entertainment Computing*, *2*, 3-9. doi: 10.1016/j.entcom.2011.03.002

Neves Filho, H. B. (2015). *Efeito de variáveis de treino e teste sobre a recombinação de repertórios em pombos (Columba Livia), ratos (Rattus norvegicus) e corvos da Nova Caledônia (Corvus moneduloides)* (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. doi: 10.11606/T.47.2015.tde-15072015-101008

Neves Filho, H. B. (2016). Recombinação de repertórios: criatividade e a integração de aprendizagens isoladas. Em P. G. Soares, J. H. Almeida, C. R. X. Cançado (Org.), *Experimentos Clássicos em Análise Do Comportamento* (Vol. 1, pp. 284-296). Brasília, DF: Instituto Walden 4. Recuperado de https://www.walden4.com.br/livrosw4/pdf/iw4_experimentos_classicos_v1_2016.pdf

Neves Filho, H. B. (2018). *Criatividade: Suas origens e produtos sob uma perspectiva comportamental.* Fortaleza: Imagine Publicações.

Neves Filho, H. B., Stella, L. D. R., Dicezare, R. H. F., & Garcia-Mijares, M. (2015). Insight in the white rat: spontaneous interconnection of two repertoires in *Rattus norvegicus*. *European Journal of Behavior Analysis*, *16*, 188-201. doi: 10.1080/15021149.2015.1083283

Neves Filho, H. B., Carvalho Neto, M. B., Barros, R., & Rufino, J. (2016). Insight em macacos-Prego (*Sapajus spp*.) com diferentes contextos de treino das habilidades pré-requisitos. *Interação Em Psicologia*, *18*, 333-350. doi: 10.5380/psi.v18i3.31861

Neves Filho, H. B., Carvalho Neto, M. B., Taytelbaum, G. P. T., Malheiros, R. S., & Knaus, Y. C. (2016). Effects of different training histories upon manufacturing a tool to solve a problem: insight in capuchin monkeys (*Sapajus* spp.). *Animal Cognition*, *19*, 1151-1164. doi: 10.1007/s10071-016-1022-1

Neves Filho, H. B., Dicezare, R., Filho, A., & Mijares, M. (2017). Efeitos de treinos sucessivo e concomitante sobre a recombinação de repertórios de cavar e escalar em Rattus norvegicus. *Perspectivas Em Análise Do Comportamento*, *7*, 243-255. doi: 10.18761/pac.2016.013

Neves Filho, H. B., Knaus, Y. C., & Taylor, A. H. (2019). New Caledonian crows can interconnect behaviors learned in different contexts, with different consequences and after exposure to failure. *International Journal of Comparative Psychology, 32*. Recuperado de https://escholarship.org/uc/item/85b0q1r9

Neves Filho, H. B., Assaz, D. A., Dicezare, R. H. F., Knaus, Y. C. & Garcia-Mijares, M. (no prelo). Learning behavioral repertoires with different consequences hinders the interconnection of these repertoires in pigeons in the box displacement test. *The Psychological Record*, 70.

Prata Oliveira, M. (2019). *Influência da cafeína na resolução de problemas com uma nova cadeia de respostas*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil). Recuperado de http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40428

Shute, V. J., Ventura, M., & Ke, F. (2013). The power of play: The effects of Portal 2 and Lumosity on cognitive and noncognitive skills. *Computers & Education*, *80*, 58-67. doi: 10.1016/j.compedu.2014.08.013

Shute V., & Wang L. (2015) Measuring Problem Solving Skills in Portal 2. Em P. Isaias, J. M. Spector, D. Ifenthaler, D. G. Sampson(Eds). *E-Learning Systems, Environments and Approaches*. New York, NY: Springer.

Sturz, B. R., Bodily, K. D., & Katz, J. S. (2010). Dissociation of past and present experience in problem solving using a virtual environment. *CyberPsychology & Behavior*, *12*(1), 15-19. doi: 10.1089/cpb.2008.0147

Taylor, A. H., Elliffe, D., Hunt, G. R., & Gray, R. D. (2010). Complex cognition and behavioural innovation in New Caledonian crows. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *277*(1694), 2637-2643. doi: 10.1098/rspb.2010.0285

Vaddi, D. Toups, Z., Dolgov, I., Wehbe, R. R., & Nacke, L. (2016). Investigating the impact of cooperative communication mechanics on player performance in Portal 2. *Graphics Interface 2016*, 41-48. doi: 10.20380/GI2016.06.

Anexo I

Para conseguir acessar os mapas você precisará ter: 1) uma conta na plataforma Steam; 2) adquirir o jogo Portal 2 nessa plataforma.

Após preencher esses requisitos você deve se inscrever nos mapas utilizados no experimento usando essa URL (https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=1764667969), para tal basta clicar na área demarcada em vermelho na Figura 6.

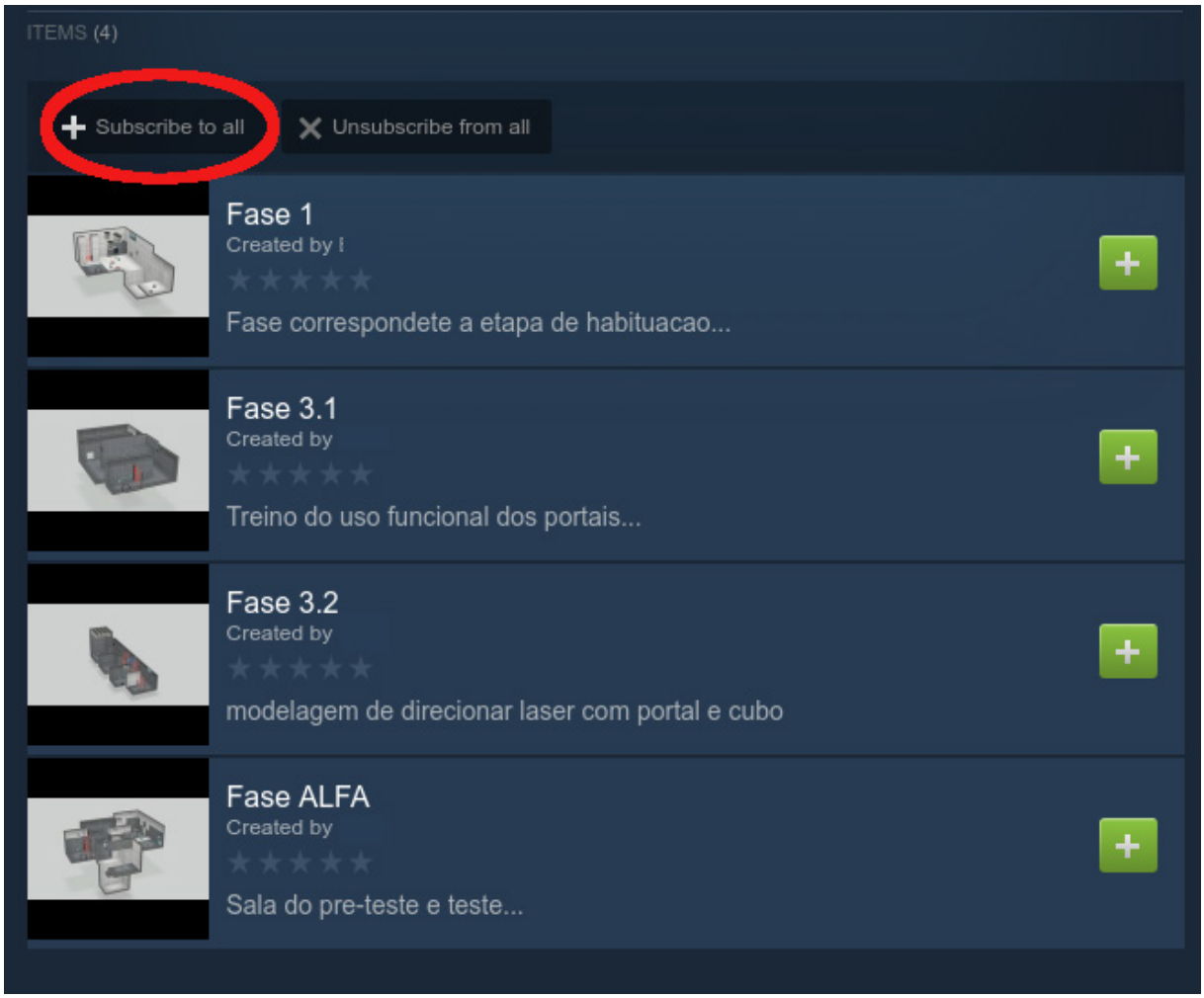


Figura 6. Menu da coleção com as salas. Ao clicar no botão circulado em vermelho, a sua conta na Steam irá fazer o download dos mapas, que poderão ser acessados no jogo.

Após inscrito as salas apareceram em um submenu chamado “Play Single Player Chambers” (Figura 8) dentro do menu “Community Test Chamber” (Figura 7).



Figura 7. Menu principal do jogo. Ao selecionar a opção “Community Test Chambers” os mapas adicionados estarão disponíveis.

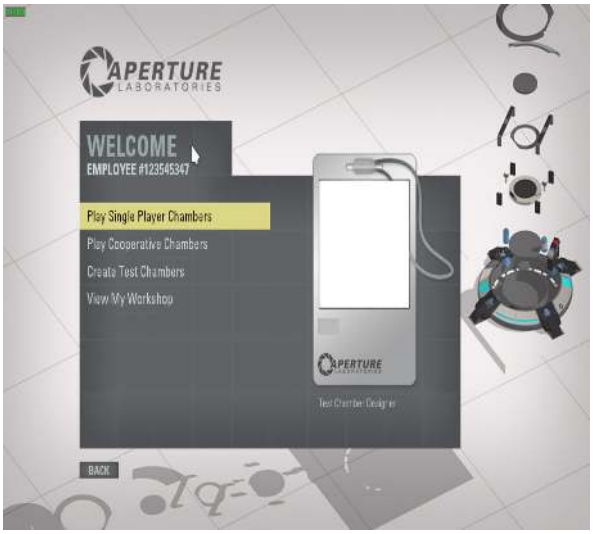


Figura 8. Submenu “Community Test Chamber”. Para acessar os mapas, basta escolher a opção “Play Single Player Chambers”, já que os mapas criados neste experimento são para um jogador apenas (o jogo permite mapas para dois jogadores simultâneos).

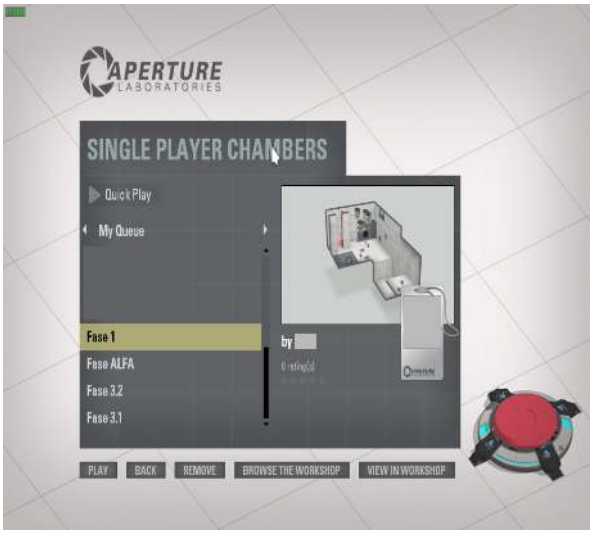


Figura 9. Submenu “Play Single Player Chambers” com os mapas do experimento. Para rodar os mapas na ordem utilizada no experimento, basta selecionar FASE 1 e clicar em PLAY. Ao terminar um mapa, o jogo automaticamente seguirá para o próximo mapa da sequência do experimento.

Para abrir o nível desejado basta clicar duas vezes em seu nome. Como demonstrado na Figura 9. A Fase 1 corresponde a sala de familiarização; a Fase ALFA corresponde a sala de pré-teste e teste; a Fase 3.1 corresponde ao treino do uso funcional dos portais; e a Fase 3.2 seria o treinamento dos dois repertórios pré-requisitos.