

# Variabilidade e repetição comportamentais apresentadas por ratos jovens e idosos<sup>1</sup>

*(Behavioral variability and repetition by young and elderly rats)*

Marcia Kameyama<sup>2</sup> y Maria Helena Leite Hunziker

Universidade de São Paulo

(Brasil)

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar os efeitos do envelhecimento sobre a variabilidade comportamental. Ratos jovens (4 meses) e idosos (20 meses) receberam sacarose (20%) contingente à emissão de sequências de quatro respostas de pressão a duas barras. Metade dos animais foi exposta às contingências Lag 0 - VAR - ACO - VAR - EXT e metade a Lag 0 - REP - ACO - REP - EXT. Os resultados mostraram que os ratos jovens apresentaram maior variabilidade “espontânea” sob Lag 0 e ACO, porém se equipararam aos idosos nas condições em que variar ou repetir produzia reforço. Portanto, a idade não interferiu na aprendizagem e manutenção da variabilidade e repetição operantes. A extinção gerou altos índices de variação, especialmente nos animais anteriormente submetidos à REP. Discute-se a influência da atividade motora mais elevada nos jovens e a preferência por respostas de menor “custo físico” pelos idosos na determinação das diferenças de variabilidade comportamental em função da idade. Destaca-se que tais diferenças foram praticamente abolidas quando o reforço foi contingente a padrões específicos de variação. Esses dados sugerem que algumas das diferenças comportamentais atribuídas ao envelhecimento podem ser decorrentes das diferentes contingências de reforçamento disponíveis a ambos os grupos.

*Palavras chave:* envelhecimento, comportamento animal, variabilidade, repetição, extinção, aprendizagem.

---

1 Este trabalho é parte da tese de doutorado defendida pela primeira autora na Universidade de São Paulo (USP), em 2019, sob a orientação da segunda autora. Ele foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através de Bolsa de Doutorado concedida ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia Experimental da USP.

2 Endereço para correspondência: Marcia Kameyama. Alameda Santos, 234, conjunto 601, Vila Mariana, São Paulo - SP. CEP 01419-002. E-mail: marcia\_kameyama@yahoo.com.br

## ABSTRACT

The aim of this study was to verify the effects of aging on behavioral variability. Young (4 months) and old (20 months) rats received sucrose (20%) as a contingent reinforcement to the emission of sequences of four pressure responses to two bars, right (D) and left (E). The similarities or differences between the sequences were defined by the allocation of the D or E responses along the sequence, composing 16 possible combinations (DDEE, EDDE, etc.). Depending on the phase of the study, the reinforcement was contingent to any sequence, regardless of which bar was pressed (Lag 0), or depending on its variation (VAR) or repetition (REP) in relation to the previous. In VAR phases, the reinforcement was contingent on the emission of the sequence that differed from one, two or four last internal sequences (Lag 1, Lag 2 and Lag 4, respectively). In REP phases, only one previously defined sequence was reinforced in 50% of emissions. In the EXT condition, no sequence was followed by reinforcement. Half of the animals (young and old) were exposed to Lag 0 - VAR - ACO - VAR - EXT contingencies and half to Lag 0 - REP - ACO - REP - EXT. Variability was measured by the U statistical index, which could occur on a continuum between 0 and 1, so that 0 indicated the maximum repetition pattern (only one kind of sequence emitted during all the session) and 1 indicated the maximum variations (emission with equal frequency of the 16 sequences throughout the session). They were also recorded the response rates and percentage of reinforcement, in addition to the MetVAR index. The results were surprising in that young rats showed greater “spontaneous” variability under Lag 0 and ACO, but matched older rats under conditions where varying or repeating would produce reinforcement. Therefore, age did not interfere in the learning and maintenance of operant variability and repetition. The extension generated high rates of variation, especially in pre-REP animals. We discuss the influence of higher motor activity in young people and the preference for responses of lower “physical cost” by the elderly on the trend of differences in behavioral variability as a function of age. It is noteworthy that such differences were practically abolished when reinforcement was contingent on specific patterns of variation. These data suggest that some of the behavioral differences attributed to aging may be due to different contingencies of reinforcement available to young and elderly people.

Keywords: aging, animal behavior, variability, repetition, extinction.

A velhice, tanto em nível físico quanto social e psicológico, é vista como uma etapa da vida relacionada à redução das capacidades do indivíduo e perdas diversas: ocorrem perdas de papéis sociais, do trabalho (aposentadoria), perda de agilidade motora, visão e audição, além de maior frequência de morte de pessoas queridas e do aparecimento de doenças (Baltes, 1987; Moraes, 2008; OMS, 2002/2005; Rowe & Kahn, 1998). É motivo de controvérsia se algumas das alterações comportamentais que acompanham o processo de envelhecimento são consequências diretas do processo de envelhecimento físico ou das contingências ambientais às quais o idoso está sujeito. Neste último caso, é possível supor que alguns dos déficits

comportamentais de idosos podem ser recuperados ou compensados por meio do estabelecimento de contingências ambientais adequadas (Derenne & Baron, 2002).

A variabilidade do comportamento pode ser particularmente importante para o idoso, especialmente no que diz respeito à sua adaptação a novos contextos decorrentes das mudanças próprias dessa fase da vida. Por variabilidade entende-se a diferença ou a mudança de um comportamento em relação a outro, este tido como referente dentro de um universo de análise previamente determinado (Hunziker & Moreno, 2000).

Experimentalmente, tem sido demonstrado que a variabilidade do comportamento pode depender de ao menos duas classes de determinantes ambientais. Uma delas corresponde às contingências não diretamente vinculadas à variação, mas que induzem variabilidade comportamental, tais como extinção ou intermitência do reforçamento (Antonitis, 1951; Ferraro & Branch, 1968, entre outros). A outra corresponde a contingências nas quais consequências reforçadoras são dependentes do variar. Neste caso, a variabilidade é denominada operante, uma vez que é selecionada pelas suas consequências (Page & Neuringer, 1985; Neuringer, 2009). Como variação e repetição correspondem a padrões que se situam em extremos opostos de um mesmo contínuo, estudos vêm demonstrando que ambos os padrões podem ser produzidos por reforçamento diferencial (Hunziker, Manfré, & Yamada, 2006; Neuringer, 1991; 2009).

A variabilidade ou a repetição do comportamento podem também ser influenciadas por drogas (Abreu-Rodrigues, Hanna, Mello-Cruz, Matos, & Delabrida, 2004; Ward, Bailey, & Odum, 2006), estados fisiológicos alterados (Hopkinson & Neuringer, 2003), ou diferenças genéticas (Mook, Jeffrey, & Neuringer, 1993; Mook & Neuringer, 1994), embora essas diferenças possam ser abolidas ou minimizadas quando estabelecidas contingências em que variar ou repetir é critério para reforçamento (Hunziker, Saldana, & Neuringer, 1996). Esses dados nos fazem questionar se a velhice, entendida como uma condição biológica que decorre do tempo vivido, poderia também influenciar a aprendizagem da variabilidade ou da repetição quando reforçadas diferencialmente.

Essa questão recebeu, até o momento, pouca atenção dos pesquisadores. Lopatto et al. (1998) e Rangel (2010) não encontraram diferenças entre participantes jovens e idosos no que diz respeito à variabilidade induzida por esquema de razão variável ou à variabilidade operante. Contudo, foram apontadas algumas diferenças em função da idade: os participantes idosos foram mais adaptados que os jovens a contingências que reforçavam repetição, enquanto os jovens variaram mais do que o exigido quando a exigência de variação foi baixa (Rangel, 2010).

Entretanto, a dificuldade de se estabelecer bom controle experimental em trabalhos com humanos traz problemas metodológicos que podem comprometer a interpretação dos resultados descritos. Por exemplo, em Lopatto et al. (1998), a faixa etária do grupo idoso, de 64 a 98 anos, compromete o delineamento de grupo empregado, pois uma pessoa de 64 anos não é comparável, em diversos níveis (comportamental ou orgânico), a uma de 98 anos. Daí, a sua alocação em um mesmo grupo introduz discrepâncias que comprometem a análise dos resultados. Além disso, o uso de tarefa no computador, tanto no estudo de Lopatto et al. (1998) como

no de Rangel (2010), pode ter influenciado os resultados na medida que jovens e idosos têm diferentes experiências de uso desse equipamento, que não refletem necessariamente suas capacidades de aprendizagem.

Embora estejamos interessados nos efeitos da velhice em humanos, a perspectiva translacional nos sugere que estudos realizados com não humanos têm a vantagem de permitir maior controle experimental em áreas de estudo ainda pouco exploradas. No caso de serem utilizados ratos como sujeitos, sugere-se que eles são considerados adultos por volta dos 6 meses de idade, e que vivem cerca de 2,5 anos, o que implica que a sua velhice, para fins experimentais, pode ser considerada por volta dos 24 meses (Andreollo, Santos, Araújo, & Lopes, 2012).

Neuringer e Huntley (1991) analisaram o efeito da idade na variabilidade comportamental, porém em uma faixa etária que não atingia a velhice: 2 e 10 meses de idade. Encontramos um único estudo (Wells, 1999), que comparou a variabilidade comportamental operante utilizando ratos adultos (8 meses) e idosos (24 meses): os resultados mostram igual nível de variação nos dois grupos etários. Porém, esse estudo, realizado para fins de titulação acadêmica (conclusão da graduação), não passou pela rigorosa seleção de periódicos que utilizam avaliação por pares.

Pelo exposto, consideramos que a pergunta relativa aos efeitos da velhice sobre a variabilidade comportamental ainda está por ser respondida experimentalmente. O presente estudo teve por objetivo colaborar para preencher essa lacuna, buscando verificar se ratos jovens e idosos apresentam diferenças nos níveis de variabilidade comportamental quando expostos a contingências de reforçamento intermitente, com ou sem exigência de variação, e à extinção. Para isso, optamos por utilizar ratos jovens (4 meses) e idosos (20 meses), expostos a procedimentos já testados na literatura tanto na produção da variabilidade operante (Lag “n” seguido de acoplamento – Page & Neuringer, 1985; Neuringer & Jensen, 2012) como da variabilidade induzida por reforçamento intermitente e extinção (Antonitis, 1951; Ferraro & Branch, 1968, entre outros).

## MÉTODO

O fato de utilizarmos animais idosos nos obrigou a ponderações que normalmente não são necessárias quando os estudos são realizados apenas com ratos jovens. Em primeiro lugar, consideramos que ratos idosos poderiam ter sua saúde comprometida pela privação hídrica, procedimento geralmente utilizado com ratos jovens em estudos operantes que utilizam água como reforço. Além disso, estudos indicam que ratos idosos ingerem menor quantidade de ração e água cotidianamente do que os jovens (Everitt, 1958). Ambas as observações têm implicações direta para a escolha do reforçador utilizado no presente estudo, tanto para não prejudicar a saúde dos ratos idosos como para manter todos os animais respondendo ao longo da sessão. O estudo de Frutos, Pistell, Ingram e Berthoud (2012) mostrou que ratos de 3 e 18 meses, submetidos a testes de preferência (escolha) entre ração e solução de sacarose, mostraram preferência por solução de sacarose. Com base nesses estudos, optamos por utilizar solução de sacarose, ao invés de água, como reforçador da resposta de pressão à barra ao longo de todo o experimento, e privação alimentar

para manter a sacarose como efeito reforçador. Por recomendação veterinária, uma vez por semana foi feita suplementação alimentar visando a manutenção da saúde dos animais, em especial dos idosos.

Os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (número de protocolo 4738281116).

### *Sujeitos*

Foram utilizados 19 ratos machos Wistar, experimentalmente ingênuos, mantidos em condições de ventilação e temperatura controladas, ciclo de luz/escuro de 12 hr (8:00 – 20:00h) e livre acesso a água e alimento (ração balanceada). A partir do desmame, os sujeitos foram alojados em trios ou quartetos, em caixas ventiladas Alesco de polisulfona, com dimensões de 48,3 cm x 33,7 cm x 25,3 cm, contendo maravalha. Os animais jovens ( $n = 10$ ) iniciaram o experimento aos quatro meses de idade e os animais idosos ( $n = 9$ ) aos 20 meses de idade. Dado que a fase de coleta de dados do presente estudo foi relativamente longa, optamos por utilizar, como animais idosos, ratos tendo 20 meses no início do experimento para evitar a perda de animais no meio da coleta por problemas da idade.

Uma semana antes do início do experimento, os animais foram alojados em duplas ou trios, dando-se início ao sistema de privação de alimento, sendo disponibilizados para cada animal 10 a 15 g de ração por dia, suficiente para mantê-los com 80-85% do seu peso ad lib. No dia que antecedia a pausa semanal do experimento (ver procedimento), eram disponibilizadas sementes de girassol e aveia como suplemento alimentar. Durante o experimento, os animais foram pesados semanalmente para o controle do seu peso.

### *Equipamentos*

Foram utilizadas cinco caixas experimentais de fabricação MED-PC, iguais entre si, com medidas interiores de 30,5 cm x 24,1 cm x 21,0 cm (comprimento x largura x altura), compostas por teto e paredes frontal e traseira de acrílico transparente e paredes laterais de alumínio. Cada caixa possuía em sua parede direita duas barras retráteis retangulares de alumínio, de 4,8 cm x 1,9 cm, a 6,0 cm do piso, posicionadas à direita (D) e esquerda (E) do sujeito, centralizadas e distando 11,5 cm entre si (medidas entre eixos). Uma pressão mínima de 35 gf (grama/força) produzia o rebaixamento da barra, sendo registrada automaticamente como uma resposta. Entre as barras e ao nível do piso, havia um bebedouro, o qual, quando acionado, podia disponibilizar ao sujeito uma gota de 0,05 cc de solução de sacarose (SAC) diluída a 20% (reforço). O piso das caixas era composto por hastes cilíndricas de metal, com 0,3 cm de diâmetro e distantes 1,3 cm entre si. Na parte superior e central da parede lateral esquerda estava localizada uma lâmpada de 28 V que fornecia iluminação ao ambiente.

As caixas experimentais estavam dispostas dentro de câmaras de madeira que propiciavam isolamento acústico e visual. O controle e registro das sessões foram

realizados por computador equipado com software desenvolvido para essa pesquisa em linguagem MED-PC.

## PROCEDIMENTO

### *Treino preliminar*

Foram realizadas quatro etapas, com sessões cuja duração máxima foi de 1 h ou até a obtenção do número de reforços previamente determinado, o que ocorresse primeiro. No caso de o sujeito não receber o número de reforços estabelecidos, nova sessão era realizada até que esse critério fosse atingido.

Na primeira etapa foi realizado treino de bebedouro seguido de modelagem da resposta de pressão à barra, feita manualmente pelo método de aproximações sucessivas. Nessa etapa, havia apenas uma das barras presente na caixa: os sujeitos idosos ( $n = 9$ ), quatro tiveram a resposta modelada na barra D e cinco na barra E; os sujeitos jovens ( $n = 10$ ), cinco tiveram a resposta modelada em relação à barra D e cinco à barra E. A modelagem foi encerrada após 10 respostas sucessivas de pressão à barra reforçadas manualmente. Em seguida, estabeleceu-se reforçamento contínuo (CRF) até os animais receberem 100 reforços. Apenas no treino de bebedouro e na modelagem a liberação de reforços foi manual. No restante do experimento essa liberação foi automática.

Na segunda etapa, foi disponibilizada apenas a barra alternativa que não esteve presente na fase anterior, sendo liberados 100 reforços em CRF. A partir dessa sessão as duas barras ficaram disponíveis até o final do estudo. Nas etapas seguintes foram realizadas uma sessão em CRF e uma em FR2, sendo liberados 200 reforços em cada sessão.

### *Fase Experimental*

Ao iniciar a sessão a luz ambiente se acendia e as barras eram inseridas na caixa. Terminada a sessão, a luz era apagada e as barras recolhidas. Atingido o critério para reforçamento, o bebedouro era acionado; não sendo atingido esse critério, a luz ambiente apagava-se por 1 s (time out), durante o qual as respostas de pressão à barra não tinham consequência programada e não eram registradas. Encerrado o período de time out, a luz da caixa se acendia e a contingência em vigor voltava a operar.

A partir dessa etapa a unidade comportamental foi uma sequência de quatro respostas de pressão à barra. A emissão de uma sequência caracterizou uma tentativa, tendo cada sessão 200 tentativas ou a duração de 1h, o que ocorresse primeiro. A combinação de quatro respostas em duas barras permitia a emissão de 16 sequências diferentes, sendo a diferença entre elas relativa à ordem de emissão da pressão às barras D ou E. Por exemplo, as sequências EDDE e EDDE eram iguais entre si, mas diferentes de EEDD. Foram manipuladas as contingências Lag 0, variação (VAR – Lag 1, 2 e 4) repetição (REP), acoplado (ACO) e extinção (EXT).

Em Lag 0, o reforço era liberado contingente à emissão de quatro respostas de pressão em qualquer das barras. Esta fase se encerrou quando os sujeitos completaram um mínimo de cinco sessões com pelo menos 150 reforços por sessão.

Sob a contingência VAR, emissão de uma sequência era seguida de reforço apenas se ela fosse diferente das  $n$  últimas sequências emitidas (contingência Lag  $n$ ). A depender da fase do estudo, o valor de  $n$  foi 1, 2 ou 4 (Lag 1, Lag 2 e Lag 4, respectivamente). Por exemplo, após o animal emitir as sequências EDED, EEDE, DDEE e DDDD, em Lag 1, o reforço seria liberado contingente à emissão de qualquer nova sequência, exceto DDDD; em Lag 2, contingente a qualquer nova sequência que não fosse DDEE ou DDDD; e em Lag 4, qualquer sequência que diferísse das quatro listadas.

Na contingência REP, apenas uma sequência era reforçada com probabilidade de 50%. Ela era selecionada com base em dois critérios: não envolver alternância entre barras e ser aquela emitida com menor frequência, pelo sujeito, na fase de Lag 0. Portanto, alguns sujeitos tiveram reforçada a sequência DDDD, e outros EEEE. Apenas nas duas primeiras sessões, a probabilidade de reforçamento da sequência selecionada foi de 100% (REP 100%).

Na condição ACO, os reforços eram contingentes à emissão de uma sequência, independentemente da sua variação. O reforçamento era intermitente, acoplado à ordem dos reforços obtidos nas duas últimas sessões sob VAR - Lag 4 ou REP (a depender do grupo) realizadas pelo sujeito. Desta maneira, se na sessão acoplada tivessem sido liberados reforços nas tentativas 1, 3, 7 e 9, em ACO os reforços seriam igualmente liberados após a emissão de uma sequência nas tentativas 1, 3, 7 e 9.

Na condição EXT, nenhuma sequência foi reforçada, sendo cada tentativa seguida pelo time out. Nessa fase, a sessão teve duração fixa de 1 h.

A mudança de contingência era feita com base no número de sessões válidas em cada fase, ou seja, sessões em que era completado um mínimo de 150 tentativas. Se o sujeito não atingisse esse mínimo, a sessão era descartada e o sujeito realizava nova sessão. A exceção foi em EXT, em que cada sessão teve duração de 1 h, sem exigência de um mínimo de tentativas.

A ordem de exposição às contingências foi Lag 0, VAR, ACO, VAR e EXT ou Lag 0, REP, ACO, REP, EXT, para animais jovens (J) e idosos (I), sendo cada agrupamento de animais denominados de acordo com idade e contingência a que foram submetidos: J-VAR, J-REP, I-VAR e I-REP. A Tabela 1 apresenta, resumidamente, o delineamento experimental, incluindo a ordem de apresentação das contingências e números de sessões válidas planejadas para cada fase. As fases de VAR e REP, quando reapresentadas, estão indicadas como VAR Lag 4' e REP' para diferenciar das primeiras apresentações.



*Tabela 1* – Delineamento experimental: ratos jovens (J) e idosos (I) expostos a reforçamento em Lag 0, variabilidade (VAR), repetição (REP), acoplamento (ACO) e extinção (EXT). O experimento foi conduzido tendo duas barras na caixa experimental, com exceção das fases sinalizadas com (\*) e (+)

GRUPOS	Treino Preliminar				Fase Experimental							
	1	1	1	2	1	2			3	4	5	
J-VAR (n = 5)	Modelagem e CRF (*)	CRF (+)	CRF	FR2	Lag 0	VAR Lag 1	VAR Lag 2	VAR Lag 4	ACO	VAR Lag 4'	EXT	
I-VAR (n = 4)						---	REP 100%	REP		REP'		
J-REP (n = 5)												
I-REP (n = 5)												
Nº de sessões programadas						1	1	1		2		5

(\*) uma barra (+) uma barra alternativa.

### *Análise dos dados*

A variabilidade foi analisada em relação aos índices U e MetVAR. O valor U mede a equiprobabilidade das seqüências (Attneave, 1959) utilizando a equação  $U = \frac{1}{n}$ , no qual n indica o universo de seqüências possíveis (16), e pi as probabilidades dessas seqüências. Esse índice pode assumir valores entre 0 e 1. Quanto mais próximo do 1, maior o grau de variabilidade, e quanto mais próximo do zero, maior o grau de repetição.

O índice MetVAR indica a probabilidade de a seqüência ser reforçada se submetida à determinada contingência de variação. Para seu cálculo, usa-se, portanto, o critério de variabilidade empregado nas fases de variabilidade operante, mesmo quando o cálculo é feito para as fases em que variar não é critério para reforçamento, para facilitar a comparação. Esse índice praticamente se sobrepõe ao índice U, mas é o preferencial para ser utilizado nas condições de extinção, nas quais a frequência da resposta é muito baixa, insuficiente para calcular o U (Barba, 2006). Também foram analisadas as taxas de respostas (R/min).

## **RESULTADOS**

A Figura 1 mostra os níveis de variabilidade (U) apresentados individualmente pelos os sujeitos idosos (I) e jovens (J), expostos ao reforçamento de seqüências de respostas variáveis (VAR) ou repetidas (REP). De uma maneira geral, pode-se apontar que todos os animais, jovens e idosos, apresentaram os maiores níveis de variabilidade quando diferir a seqüência emitida foi o padrão reforçado (Lag 1 a 4) e os menores índices quando apenas uma mesma seqüência produziu reforço (REP). Nessas duas condições, houve pouca dispersão intragrupo.



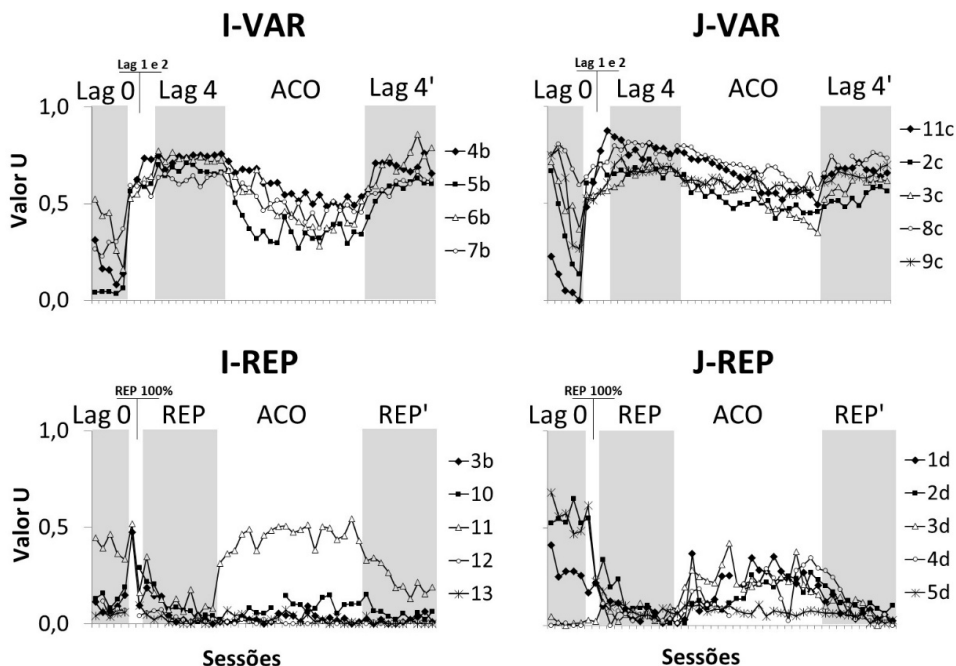


Figura 1 - Valor U apresentado pelos sujeitos idosos (I) e jovens (J) expostos ao reforçamento diferencial da variabilidade (VAR) ou da repetição (REP)

Diferentemente, nas condições nas quais a liberação do reforço independia da sequência ser variável ou repetida (Lag 0 e ACO), houve alta dispersão intragrupo. Na condição Lag 0, em que toda sequência era reforçada e não havia histórico de reforçamento diferencial da variação ou repetição, a maioria dos sujeitos mostrou variabilidade mais alta na primeira sessão, seguida de declínio acentuado nas sessões sucessivas; alguns animais, especialmente os idosos, apresentaram baixo nível de variabilidade em todas as sessões, com índices U relativamente constante.

Na condição ACO, os resultados foram basicamente função do reforçamento prévio da variação ou da repetição: a variabilidade foi mais elevada nos grupos em que a variação havia sido previamente reforçada, permanecendo em níveis mais baixos nos grupos previamente expostos ao reforçamento da repetição. Ainda, entre os sujeitos VAR, apesar da intermitência do reforço disponibilizada na fase anterior ter sido mantida, exibiram declínio sistemático dos valores U na condição ACO. Já em REP, houve aumento dos índices U entre os sujeitos jovens e alguns idosos. Os demais sujeitos idosos, mantiveram os níveis de variabilidade em valores semelhantes às apresentadas na condição anterior REP.

O retorno às condições VAR e REP, nas fases finais, restabeleceu basicamente os padrões de variação e repetição anteriormente apresentados sob essas contingências. Portanto, pode-se dizer que tanto animais jovens como idosos tiveram seus

comportamentos de variar ou repetir controlados pelo reforçamento, embora os animais jovens tenham apresentado valores de  $U$  mais elevados que os idosos sob Lag 0 e ACO, e ligeiramente mais altos também em Lag 4 e nas primeiras sessões de REP'. Ressalte-se que um sujeito REP idoso exibiu valores  $U$  mais elevados que todos os demais (idosos ou jovens) submetidos à contingência de repetição.

Esse dado pode se relacionar, em parte, ao que é mostrado na Figura 2, relativa à taxa de respostas: por inspeção visual, pode-se apontar que os animais jovens mostraram taxas no geral mais elevadas ao longo de todo o estudo em comparação aos idosos, independente da contingência em vigor. Todos mostraram leve aumento gradual das taxas de resposta ao longo das sessões, havendo grande dispersão intragrupo. Essa dispersão desapareceu na fase de extinção, na qual todos os animais mostraram queda acentuada das taxas, chegando a níveis próximos de zero.

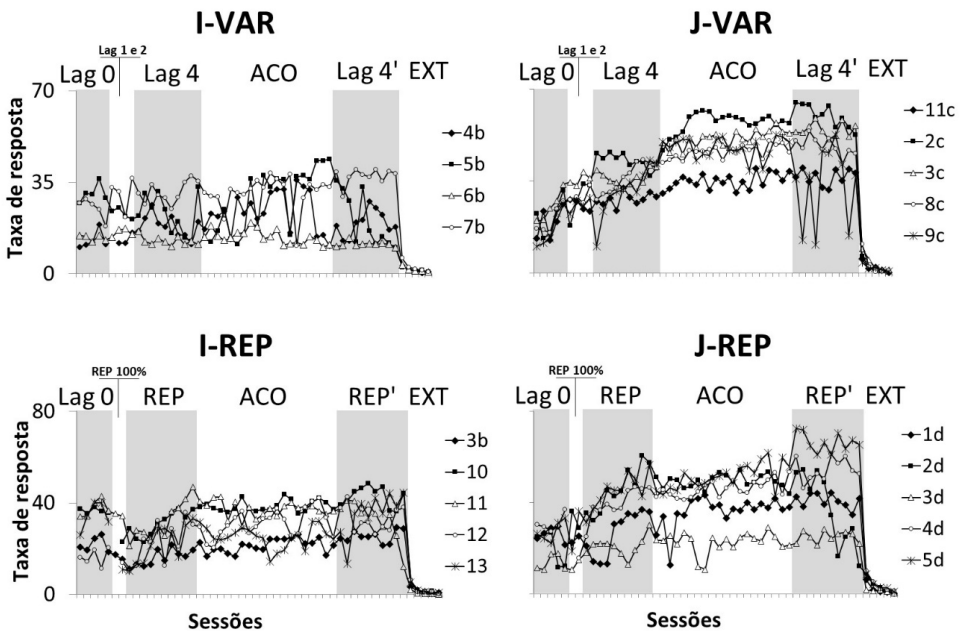


Figura 2 – Taxa de resposta apresentada pelos sujeitos idosos (I) e jovens (J) expostos ao reforçamento diferencial da variabilidade (VAR) ou da repetição (REP)

A Figura 3 mostra os níveis de variabilidade calculados como MetVAR na condição de extinção (EXT). Essa medida indica a probabilidade de reforçamento da sequência emitida caso estivesse vigorando a contingência Lag 4. Apenas a título de comparação, na parte esquerda de cada gráfico da Figura 3 aparecem esses índices calculados sobre os dados obtidos nas condições Lag 4' e REP', seguido, à direita, pelos índices durante EXT. Obteve-se que apesar da contingência EXT produzir queda abrupta da taxa de respostas (ver Figura 2), ela produziu aumento da

variabilidade das poucas sequências emitidas, sem diferença entre animais jovens e idosos e independente da história de reforçamento anterior.

Entretanto, a contingência na qual os animais foram submetidos anteriormente teve efeito diferencial nos níveis de variabilidade obtidos nas primeiras sessões de EXT: os animais VAR partiram de patamar mais elevado e por isso tiveram nessas sessões índices MetVAR maiores que os dos animais previamente expostos ao reforçamento da repetição. Com o suceder das sessões, todos terminaram com níveis igualmente altos de variabilidade, evidenciando um aumento mais acentuado dos índices MetVAR entre os sujeitos REP quando comparados aos sujeitos VAR.

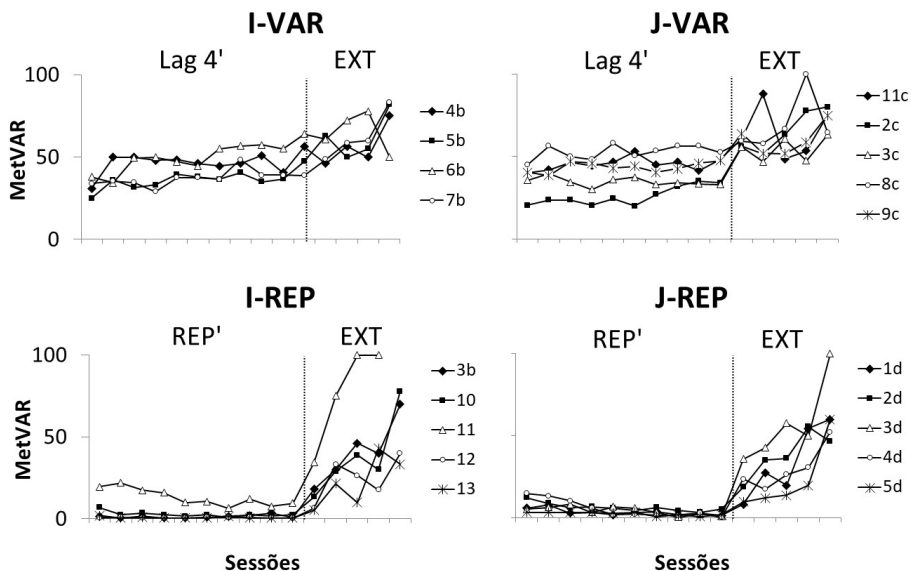


Figura 3 – Índice MetVAR apresentado pelos sujeitos idosos (I) e jovens (J) nas sessões de Lag 4', REP' e EXT

## DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que a idade dos animais não interferiu na aprendizagem e manutenção da variabilidade e da repetição comportamental quando variar ou repetir as sequencias emitidas foram exigidos para reforçamento. A retirada da exigência de variação ou de repetição em ACO, embora mantendo igual a intermitência do reforçamento, permite supor que tanto a variabilidade quanto a repetição mostradas nas fases VAR e REP, respectivamente, foram, em grande parte, controladas pelas suas consequências. Portanto, a despeito de outras diferenças a serem analisadas mais à frente, podemos afirmar que, com os parâmetros aqui utilizados, ratos jovens e idosos apresentaram igualmente variabilidade e repetição operantes.

Por sua vez, as contingências Lag 0 e ACO não apenas não exigem variabilidade, como também não a penalizam, permitindo que outras variáveis assumam o controle da variação comportamental. Para a maioria dos sujeitos, os níveis de variabilidade, sob Lag 0, sofreram queda no decorrer das sessões sob essa condição. Tal queda diverge do que poderíamos esperar de um esquema intermitente para respostas singulares de pressão à barra, que geralmente induz variação (Boren, Moerschbaecher, & Whyte, 1978; Schaefer & Steinhorst, 1959). A variabilidade mais elevada mostrada nas sessões iniciais de Lag 0 pode ser entendida como uma transição de uma história na qual a unidade comportamental era uma resposta de pressão à barra, que foi reforçada continuamente (CRF) para depois passar para reforçamento intermitente, sendo exigidas duas (FR2) ou quatro respostas (Lag 0).

Contudo, apenas o treino continuado em Lag 0 poderia, então, estabelecer a sequência de quatro respostas como a unidade comportamental a ser conseqüenciada nas condições experimentais posteriores. Assim, ao longo das sessões, essa contingência aparentemente passou a ter a função de reforçamento contínuo das seqüências emitidas. Isso pode ser deduzido do fato de que, na maioria dos sujeitos, o nível de variabilidade caiu nas sessões finais sob essa contingência, padrão típico produzido pelo CRF. Esse dado replica os resultados descritos por Hunziker, Caramori, Silva e Barba (1998), que analisaram o Lag 0 (denominado FR4 naquele estudo) como reforçamento contínuo da seqüência de quatro respostas.

Além da intermitência do reforçamento atuando como indutora de variação, o histórico de reforçamento de variação ou repetição também interagiu com a contingência ACO em vigor, gerando resultados opostos: após reforçamento da variação, a condição ACO produziu redução dos índices de variabilidade enquanto que, após REP, produziu seu aumento. Mesmo assim, a variabilidade comportamental, sob ACO, foi mais elevada quando esta foi antecedida por VAR do que por REP. Tais dados são consistentes com os relatados por Hunziker et al. (1998) e Hunziker, Lee, Ferreira, Silva e Caramori (2002), que, usando ratos Wistar e estudantes universitários, respectivamente, verificaram haver interferência da história de reforçamento nos níveis de variabilidade obtidos em ACO.

Essas diferenças fortalecem a natureza operante da variação e da repetição obtidas por reforçamento diferencial, dado que a manutenção do comportamento anteriormente reforçado é regularmente alterada, em ACO, no sentido oposto ao que era obtido: deixar de exigir variação reduz os níveis de variabilidade, e deixar de exigir repetição aumenta os níveis de variabilidade. A recuperação dos comportamentos de variar ou repetir anteriormente reforçados nas fases Lag 4 e REP' confirma, uma vez mais, a relevância da contingência operante para a produção de seqüências variadas ou repetidas mostradas por todos os animais, jovens ou idosos.

Comparativamente, os sujeitos jovens apresentaram, na condição Lag 4, níveis de variabilidade ligeiramente mais altos que os idosos, acima do que a contingência exigia. Esse dado sugere que a maior variabilidade "espontânea" dos animais jovens possivelmente se somou à variabilidade operante gerando essa diferença em relação aos idosos. Esses níveis mais elevados de variabilidade podem ser atribuídos à maior atividade motora dos ratos jovens conforme verificado em alguns estudos que mediram comportamentos de locomoção/ambulação de ratos jovens e

idosos em atividades de campo aberto (Gage, Dunnett, & Björklund, 1984; Goodrick, 1966). A maior atividade motora dos animais jovens pode ter contribuído para mais alternações entre barras, o que favorece maior variabilidade. Já os animais idosos, menos ativos, podem ter permanecido pressionando uma mesma barra, opção essa com menor “custo físico” para sua execução (Barba & Hunziker, 2002). Essas diferenças foram acentuadas nas condições nas quais variar não era critério para reforçamento, porém ficaram minimizadas nas contingências em que variar produzia reforço.

As taxas de resposta não sofreram influência das diferentes contingências manipuladas, mas foram também influenciadas pela idade dos animais: os grupos de sujeitos jovens se mostraram mais ativos (maior taxa de resposta) que os idosos. Considerando que os animais jovens mostraram também níveis de variabilidade levemente mais elevados que os idosos (exceto em Lag 4' e REP), pode-se sugerir que ambas as variáveis estejam interligadas, ou seja, que a atividade geral pode facilitar ou dificultar, mesmo que parcialmente, a adaptação do sujeito às contingências de reforçamento da variação e da repetição.

Essa sugestão é compatível com o demonstrado por Hunziker et al. (1996) ao compararem os níveis de variabilidade comportamental demonstrados por ratos SHR (hiperativos) e WKY (hipoativos): os animais de ambos os grupos aprenderam a variar e repetir quando a contingência assim o exigiu, embora os SHR mostrassem maior taxa de resposta que os WKY. Esses dados têm duas implicações teóricas. A primeira é que, dentro dos parâmetros testados nesses estudos, o controle pela consequência suplanta as diferenças determinadas biologicamente (quer genéticas ou devido à idade). O segundo, é que essas diferenças biológicas não implicam necessariamente em vantagem ou prejuízo para o sujeito. Por exemplo, quando o reforço é contingente ao variar, possivelmente sujeitos com mais atividade geral podem atingir mais rapidamente o critério para obtenção do reforço, enquanto que na situação inversa de reforçamento da repetição, é possível que sujeitos menos ativos sejam favorecidos. No que diz respeito ao foco da nossa análise, os dados aqui produzidos sugerem que indivíduos idosos, geralmente menos ativos que os jovens, podem não apenas aprender a variar como até atingir mais rapidamente a exigência para reforçamento em contingências que exigem pouca variabilidade.

Se olhado isoladamente, os resultados dos animais submetidos à REP parecem sugerir uma maior sensibilidade dos jovens às contingências em vigor, uma vez que os níveis de variabilidade se alteraram de maneira mais acentuada que os dos sujeitos idosos em função da mudança da contingência de reforçamento. Entretanto, observando os níveis de variabilidade na sessão inicial sob REP 100%, é possível alegar que tal interpretação não é verdadeira: o aumento acentuado dos índices U nessa sessão possivelmente se deu em função da maior intermitência do reforço, uma vez que apenas uma sequência era reforçada e as demais colocadas em extinção. Tal dado dá força à interpretação de que os níveis de variabilidade dos animais idosos se devem à menor atividade motora e à preferência por respostas de menor “custo físico”.

Ainda sobre os animais idosos, o fato de os seus níveis de variabilidade sob ACO terem sido menores que os dos animais jovens não replica os dados descritos por Wells (1999, Experimento 1), que indicou não haver diferença entre os grupos

idosos e jovens na condição ACO. Entretanto, eles se aproximam dos resultados descritos por Neuringer e Huntley (1991), que verificaram que, sob ACO, os índices de variabilidade dos sujeitos adultos (10 meses) foram menores que os dos jovens (2 meses).

Quanto à extinção, pesquisas demonstraram que ratos idosos tendem a extinguir respostas de pressão à barra mais rapidamente do que ratos jovens (Goodrick, 1969; Samson, Venkatesh, Patel, Lipa, & Barnes, 2014). Não foi esse o resultado obtido no presente estudo: tanto os ratos jovens como idosos mostraram alta sensibilidade à suspensão do reforçamento, mostrando queda abrupta das suas taxas de resposta desde a primeira sessão de extinção, chegando a níveis próximos de zero na sessão final. A idade também não afetou diferencialmente os níveis de variabilidade comportamental induzida pela extinção, entretanto a contingência que a antecedeu sim. Tais resultados foram semelhantes aos obtidos em Neuringer, Kornell e Olufs (2001), que descreveram índices aumentados de variabilidade quando os sujeitos foram submetidos à EXT após as contingências VAR e REP, e maior elevação desses índices entre os animais submetidos à REP que aqueles submetidos à VAR. Tal padrão também foi obtido no presente estudo.

Concluindo, os dados do presente estudo sugerem que, em ambientes que não reforçam seletivamente graus de variação ou repetição, jovens podem se comportar de maneira mais variável que os idosos se essa variabilidade implicar em maior atividade física. Diferenças biológicas (musculatura, agilidade, entre outros) podem ser responsáveis por essas diferenças “espontâneas”. Também parece importar a história de variação que esses sujeitos tiveram ao longo de suas vidas, que pode facilitar a ocorrência de variabilidade mesmo quando ela não é exigida para reforçamento. Contudo, o atual estudo sugere que quando reforços são contingentes à variação (ou repetição) comportamental, as diferenças entre jovens e idosos desaparecem, ambos variando de acordo com a contingência presente.

Esses dados apontam que possivelmente muitas das limitações comportamentais observadas em relação aos idosos podem ser, ao menos em parte, decorrentes das contingências presentes (ou ausentes) no seu cotidiano, mais do que inerentes à velhice como condição física. Com isso, sugere-se que uma abordagem comportamental da velhice deva ressaltar as contingências que atuam sobre essas pessoas, possibilitando que tais contingências sejam reprogramadas e adaptadas para contornar algumas possíveis limitações físicas decorrentes da idade e facilitar a adaptação do idoso às mudanças em seu contexto de vida.

## REFERÊNCIAS

- Abreu-Rodrigues, J., Hanna, E. S., Mello-Cruz, A. P., Matos, R., & Delabrida, Z. (2004). Differential effects of midazolam and pentylenetetrazole on behavioral repetition and variability. *Behavioural Pharmacology*, 15(8), 535-543. <http://doi.org/10.1097/00008877-200412000-00002>
- Andreollo, N. A., Santos, E. F., Araújo, M. R., & Lopes, L. R. (2012). Idade dos ratos versus idade humana: qual é a relação? *Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva*, 25(1), 49-51. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-67202012000100011>



- Antonitis, J. J. (1951). Response variability in the white rat during conditioning, extinction, and reconditioning. *Journal of Experimental Psychology*, 42(4), 273-281. <http://dx.doi.org/10.1037/h0060407>
- Attneave, F. (1959). *Applications of Information Theory to Psychology: A Summary of Basic Concepts, Methods and Results*. Henry Holt.
- Baltes, P.B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: on the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, 23(5), 611-626. <http://doi.org/10.1037//0012-1649.23.5.611>
- Barba, L. S. (2006). Variabilidade comportamental: uma taxonomia estrutural. *Acta Comportamental*, 14(1), 23-46. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-81452006000100002#:~:text=A%20express%C3%A3o%20%22variabilidade%20comportamental%22%20n%C3%A3o,-variabilidade%20a%20grau%20de%20dispers%C3%A3o](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-81452006000100002#:~:text=A%20express%C3%A3o%20%22variabilidade%20comportamental%22%20n%C3%A3o,-variabilidade%20a%20grau%20de%20dispers%C3%A3o).
- Barba, L. S., & Hunziker, & M. H. L. (2002). Variabilidade comportamental produzida por dois esquemas de reforçamento. *Acta Comportamental*, 10(1), 5-22. [https://www.researchgate.net/publication/279640144\\_Variabilidade\\_comportamental\\_produzida\\_por\\_dois\\_esquemas\\_de\\_reforcamento](https://www.researchgate.net/publication/279640144_Variabilidade_comportamental_produzida_por_dois_esquemas_de_reforcamento)
- Boren, J. J., Moerschbaecher, J. M., & Whyte, A. A. (1978). Variability of response location on fixed-ratio and fixed-interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 30(1), 63-67. <http://doi.org/10.1901/jeab.1978.30-63>
- Derenne, A., & Baron, A. (2002). Behavior Analysis and the Study of Human Aging. *The Behavior Analyst*, 25(2), 151-160. <http://doi.org/10.1007/bf03392054>
- Everitt, A. V. (1958). The change in food and water consumption and in faeces and urine production in ageing male rats. *Gerontologia*, 2(1), 21-32. <http://doi.org/10.1159/000210719>
- Ferraro, D. P., & Branch, K. H. (1968). Variability of response location during regular and partial reinforcement. *Psychological Reports*, 23(3), 1023-1031. <https://doi.org/10.2466/pr0.1968.23.3f.1023>
- Frutos, M. G. S., Pistell, P. J., Ingram, D. K., & Berthoud, H. R. (2012). Feed efficiency, food choice, and food reward behaviors in young and old Fischer rats. *Neurobiology of Aging*, 33(1), 206.e41-206.e53. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2010.09.006>
- Gage, F. H., Dunnett, S. B., & Björklund, A. (1984). Spatial learning and motor deficits in aged rats. *Neurobiology of Aging*, 5(1), 43-48. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(84\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0197-4580(84)90084-8)
- Goodrick, C. L. (1966). Activity and exploration as a function of age and deprivation. *The Journal of Genetic Psychology: Research and Theory on Human Development*, 108(2), 239-252. <http://doi.org/10.1080/00221325.1966.10532782>.
- Goodrick, C.L. (1969). Operant Responding of Nondeprived Young and Senescent Male Albino Rats. *The Journal of Genetic Psychology: Research and Theory on Human Development*, 114(1), 29-40. <http://doi.org/10.1080/00221325.1969.10533836>



- Hopkinson, J., & Neuringer, A. (2003). Modifying behavioral variability in moderately depressed students. *Behavior Modification*, 27(2), 251-264. <http://doi.org/10.1177/0145445503251605>
- Hunziker, M. H. L., Caramori, F. C., Silva, A. P., & Barba, L. S. (1998). Efeitos da história de reforçamento sobre a variabilidade comportamental. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 14(2), 149-159. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722002000200004>
- Hunziker, M. H., Lee, V. P. Q., Ferreira, C. C., Silva, A. P., & Caramori, F. C. (2002). Variabilidade Comportamental em humanos: Efeitos de regras e contingências. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 18(2), 139-147. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722002000200004>
- Hunziker, M. H. L., Manfré, F. N., & Yamada, M. T. (2006). Reforçamento positivo da variabilidade e da repetição imuniza contra o desamparo aprendido. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 2(1), 53-66. <http://dx.doi.org/10.18542/rebac.v2i1.802>
- Hunziker, M. H. L., & Moreno, R. (2000). Análise da noção de variabilidade comportamental. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 16(2), 135-143. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-37722000000200006>
- Hunziker, M. H. L., Saldana, R. L., & Neuringer, A. (1996). Behavioral variability in SHR and WKY rats as a function of rearing environment and reinforcement contingency. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 65(1), 129-144. <https://doi.org/10.1901/jeab.1996.65-129>
- Lopatto, D., Ogier, S. Wickelgren, E.A., Gibbens, C., Smith, A., Sullivan, L., & Muns, M. (1998). Cautiousness, Stereotypy, and Variability in Older and Younger Adults. *Psychological Record*, 48(4), 571-589. <http://doi.org/10.1007/BF03395290>
- Mook, D. M., & Neuringer, A. (1994). Different effects of amphetamine on reinforced variations versus repetitions in spontaneously hypertensive rats (SHR). *Physiology & Behavior*, 56(5), 939-44. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(94\)90327-1](https://doi.org/10.1016/0031-9384(94)90327-1)
- Mook, D. M., Jeffrey, J., & Neuringer, A. (1993). Spontaneously hypertensive rats (SRH) readily learn to vary but not to repeat instrumental responding. *Behavioral & Neural Biology*, 59(2), 126-35. [http://doi.org/10.1016/0163-1047\(93\)90847-B](http://doi.org/10.1016/0163-1047(93)90847-B)
- Moraes, E. N. (2008). Processo de envelhecimento e bases da avaliação multidimensional do idoso. Em A. P. A. Borges & A. M. C. Coimbra (Ed.), *Envelhecimento e Saúde da Pessoa Idosa* (pp. 151-175). EAD/ENSP.
- Neuringer, A. (1991). Operant variability and repetition as functions of interresponse time. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 17(1), 3-12. <http://doi.org/10.1037/0097-7403.17.1.3>
- Neuringer, A. (2009). Operant variability and the power of reinforcement. *The Behavior Analyst Today*, 10(2), 319-343. <http://dx.doi.org/10.1037/h0100673>
- Neuringer, A., & Huntley, R. W. (1991). Reinforced variability in rats: Effects of gender, age and contingency. *Physiology & Behavior*, 51(1), 145-149. [http://doi.org/10.1016/0031-9384\(92\)90216-O](http://doi.org/10.1016/0031-9384(92)90216-O)

- Neuringer, A., & Jensen, G. (2012). The predictability of unpredictable operant. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 7, 55-84. <http://doi.org/10.3819/ccbr.2012.70004>
- Neuringer, A., Kornell, N., & Olufs, M. (2001). Stability and variability in extinction. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 27(1), 79-94. <http://doi.org/10.1037/0097-7403.27.1.79>
- Organização Mundial de Saúde (2005). *Envelhecimento ativo: uma política de saúde*. (S. Gontijo, Trad.) Organização Pan-Americana da Saúde. (Trabalho original publicado em 2002)
- Page, S., & Neuringer, A. (1985). Variability is an operant. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 11(3), 429-452. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/0097-7403.11.3.429>
- Rangel, P. C. N. (2010). *Variabilidade comportamental: uma comparação entre pessoas jovens e idosas* [Tese de Doutorado, Universidade de Brasília]. 2010 PaulaCarvalhoNatalinoRangel. [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6042/1/2010\\_PaulaCarvalhoNatalinoRangel.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6042/1/2010_PaulaCarvalhoNatalinoRangel.pdf)
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1998). *Successful Aging*. Dell Trade Paperback.
- Samson, R. D., Venkatesh, A., Patel, D. H., Lipa, P., & Barnes, C. A. (2014). Enhanced performance of aged rats in contingency degradation and instrumental extinction tasks. *Behavioral Neuroscience*, 128(2), 122-133. <http://doi.org/10.1037/a0035986>
- Schaefer, H. H., & Steinhorst, R. A. (1959). The effect of changing the schedule of reinforcement upon duration of responding. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 2(4), 335-341. <http://doi.org/10.1901/jeab.1959.2-335>
- Ward, R. D., Bailey, E. M., & Odum, A. L. (2006). Effects of D-amphetamine and ethanol on variable and repetitive key-peck sequence in pigeons. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 86(3), 285-305. <https://doi.org/10.1901/jeab.2006.17-06>
- Wells, M. (1999). *Teaching an old rat new tricks: The effects of age on behavioral variability* (Unpublished undergraduate thesis). Reed College.

*(Received: July 12, 2022; Accepted: December 01, 2022)*

