

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

Investigações sobre Aprendizagem Operante em Abelhas sem Ferrão

(Melipona quadrifasciata anthidioides)

Lívia de Ângeli Silva Penha

São Carlos - SP

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA

Investigações sobre Aprendizagem Operante em Abelhas sem Ferrão

(Melipona quadrifasciata anthidioides)

Lívia de Ângeli Silva Penha

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de São Carlos como requisito para o Doutorado em Psicologia, Área de Concentração Comportamento e Cognição, sob orientação da Dra. Deisy das Graças de Souza.

Apoio: CAPES/PROEX 88887.355581/2019-00

São Carlos - SP

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Psicologia

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Lívia de Ângeli Silva Penha, realizada em 19/12/2024.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Deisy das Graças de Souza (UFSCar)

Profa. Dra. Raquel Maria de Melo (UnB)

Profa. Dra. Paula Debert (USP)

Profa. Dra. Andréia Schmidt (USP)

Prof. Dr. Marcelo Frota Lobato Benvenuti (IP/USP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia.

*“Science is a participatory enterprise
that spans generations. When it allows us to
see the far side of a new horizon, we
remember those who showed the way.”*

Carl Sagan, série Cosmos, 1980.

*“O correr da vida embrulha tudo,
a vida é assim: esquentada e esfria,
aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta.
O que ela quer da gente é coragem.”*

*João Guimarães Rosa,
Grande Sertão: Veredas, 1956*

*“Nada se assemelha à alma como a
abelha. Esta voa de flor para flor, aquela
de estrela para estrela. A abelha traz o
mel, como a alma traz a luz.”*

Victor Hugo, Pensamentos I-XXIV

*Dedico este trabalho à minha família,
especialmente, ao meu querido pai
Sebastião Carlos (in memoriam) que
sempre nos ensinou (a mim e aos meus
irmãos e irmã) o valor do conhecimento e
do trabalho árduo e honesto.*

Agradecimentos

Este trabalho foi fruto de diversas colaborações e apoios, sem os quais dificilmente teria se concretizado. As colaborações e apoios se deram não apenas no âmbito material, mas principalmente, no âmbito imaterial. O apoio da família e dos amigos foram fundamentais para que o trabalho fosse realizado e finalizado, bem como a confiança e paciência da minha orientadora profa. Deisy de Souza que mesmo com todas as dificuldades e problemas provenientes de um trabalho exploratório, acreditou ser possível realizá-lo. Agradeço, especialmente, à CAPES, pelo incentivo financeiro por meio da bolsa de doutorado que foi essencial na condução de todas as etapas do trabalho. Agradeço também ao INCT- ECCE e à FAPESP pelo apoio na condução deste trabalho.

Grande parte deste trabalho incluindo a coleta, foi realizado em meio à trágica pandemia do COVID – 19 e no período pós pandemia quando o mundo estava sendo reconstruído. O meu trabalho sofreu também as consequências da pandemia, tais como ter a coleta atrasada por atraso na construção do equipamento, e ter a construção do equipamento atrasada por atraso na fabricação das peças. As peças foram feitas sob medida para o equipamento das abelhas, eram peças feitas de forma quase artesanal.

Construir o equipamento foi um grande desafio pelo momento histórico (Pandemia de COVID-10), pela especificidade da tarefa (estudo exploratório, não sabíamos como as abelhas se comportariam nos esquemas de reforçamento, e se seria possível a coleta), mas também pelas intempéries do clima, as abelhas não trabalhavam em temperaturas abaixo de 19 graus, a temperatura ideal para se trabalhar com elas era em torno de 26 graus, então, no inverno era praticamente impossível coletar. Mesmo colocando aquecedor no laboratório, as abelhas raramente apareciam, ou se apareciam, respondiam de forma bastante lenta e com grandes intervalos do retorno à colmeia. As floradas foram outro desafio climático, nessa época do ano por haver abundância de material nas flores, as abelhas dispensavam o xarope, era preciso, então, acrescentar um pouco de mel no xarope para torná-lo mais atrativo. Quando tudo dava certo, era uma grande alegria, as abelhas eram perfeitas, os dados lindos e animadores.

Agradeço, especialmente, a oportunidade de ter conhecido a fantástica, extensa e linda pesquisa das abelhas conduzida pelo professor Isaías Pessotti e a possibilidade de ajudar na construção e aprimoramento de um equipamento automático para trabalhar com abelhas que foi desenvolvido por ele em meados da década de 60.

Agradeço ao Rafael Fernando, que acompanhou de perto todo esse processo, foi ele quem montou toda a parte elétrica da caixa e fez toda a programação, era a pessoa a quem eu recorria sempre que os testes não davam certo, e foram muitos e muitos testes e ajustes no equipamento e na programação. O Rafael fazendo e refazendo a montagem da caixa (dos circuitos) e eu testando manualmente e com a abelha e indo atrás de peças, de acordo com o resultado dos testes.

Os desafios foram um grande aprendizado, todo o processo valeu muito a pena, principalmente pelo trabalho com as abelhas que foi muito enriquecedor, agradeço mais uma vez a minha orientadora profa. Deisy de Souza, pela oportunidade e por toda a orientação competente e franqueza nos momentos em que precisei. Aos meus professores anteriores todo o meu respeito, admiração e agradecimentos. Em especial ao professor André Bravin, que foi meu orientador da graduação em Psicologia na UFG – Jataí e grande influência nas minhas escolhas acadêmicas e ao professor Marcelo Henriques, que também foi meu professor da graduação e com grande competência me ajudou com discussões que enriqueceram a interpretação dos dados do Experimento 1, bem como na construção da Figura 4. Aos professores do mestrado na UnB (Josele, Carlos Cançado, Raquel Melo, Jorge, Laércia, Luciano e Raquel Aló) meus mais sinceros agradecimentos, foram fundamentais na minha formação em pesquisa experimental. Agradeço também aos professores Júlio de Rose, Mariéle Diniz, Elizabeth Barham e Patrícia pela excelente e competente formação propiciada durante o doutorado na UFSCar.

Agradeço também aos professores das disciplinas que cursei de outra área do conhecimento (“Evolução dos Insetos”, professor Carlos Eduardo) e (“Biologia e Conservação de Abelhas”, professora Silvia Helena) do Programa de Pós - Graduação em Biologia da UEL, por toda a formação e conhecimento transmitido sobre os animais invertebrados, especialmente, as abelhas.

Agradeço aos colegas e professores pelas discussões do dia a dia (Lucas Couto, Lucas Codina, Kalliu, Ricardo, Luiz) estas foram enriquecedoras para o meu repertório de pesquisadora e me ajudaram a pensar sobre a minha pesquisa e dados. Agradeço ao acadêmico Marcello Keller pela ajuda na análise de dados e coleta do Experimento 1 e pelas conversas animadoras sobre abelhas. Agradeço a Lara, bióloga e técnica do laboratório de ratos e camundongos, pela competência e disponibilidade em ajudar com as demandas do laboratório e incentivar o meu trabalho com as abelhas. Um agradecimento cheio de admiração e respeito aos professores que aceitaram avaliar meu trabalho e contribuíram magnificamente para a melhora do mesmo após a qualificação

(Raquel Melo e Paula Debert) e após a defesa (Raquel Melo, Paula Debert, Andréia Schmidt e Marcelo Benvenuti). Também agradeço imensamente aos professores que aceitaram participar como suplentes da minha qualificação (Fábio Leyser e Amanda) e defesa (Fábio Leyser, Amanda e Gerson Tomanari).

Agradeço aos queridos amigos próximos e distantes, fundamentais pelo apoio fornecido e pela amizade sem hora marcada. Às queridas amigas de longa data Raquel, Cristiane, Priscilla e Fernanda um agradecimento especial por estarem presentes nos meus piores e melhores momentos, mesmo à distância. Dois amigos em especial, compartilharam as angústias e alegrias do meu dia a dia: Letícia Fava e Lucas Codina. Letícia sempre presente e acolhera e Lucas, sempre muito gentil, são amigos, aos quais eu podia contar fizesse chuva ou Sol. Estão guardados no fundo do meu coração, os levo para a vida. Saudades dos piqueniques, festivais de música e das conversas ao final de tarde ouvindo uma boa música. Também agradeço aos meus gatos (Ozzy, Nymeria e Lua) pelo apoio fofo. Às queridas e lindas abelhinhas meliponas meu agradecimento pelo desempenho perfeito.

À minha família que sempre me apoiou, incondicionalmente, devo o meu amor e maior agradecimento, sem ela não seria possível eu chegar ao momento em que cheguei. À minha querida mãe Helena que não mediu esforços para que eu realizasse esse sonho, e aos meus queridos irmãos Aline, Júlio e Jean, um grande beijo de agradecimento por existirem e serem presentes em minha vida. Ao meu querido pai Sebastião Carlos (*in memoriam*), uma pessoa cheia de vida que após lutar bravamente pela vida, infelizmente nos deixou precocemente em 2020, meu profundo agradecimento por tudo, pelo aprendizado sobre a vida e, por fim pelo aprendizado sobre a finitude, mas sobretudo, por me ensinar a ser forte, a não desistir e a lutar.

Sumário

Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução Geral.....	15
Objetivo Geral.....	28
Experimento 1: Efeito da Duração da Disponibilidade do Reforço nas Taxas de Respostas de Abelhas sem Ferrão (<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>).....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	33
Objetivo.....	40
Método.....	41
Equipamento.....	41
Resultados.....	46
Discussão.....	53
Experimento 2: Efeito do Tamanho da Razão Variável (VR) sobre a Taxa de Respostas em Abelhas sem Ferrão (<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>).....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	60
Introdução.....	61
Objetivo.....	62
Método.....	62
Equipamento.....	62
Resultados.....	68
Discussão.....	81
Experimento 3: Efeito da Duração do Intervalo Variável (VI) sobre a Taxa de Respostas em Abelhas sem Ferrão (<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>).....	86
Resumo.....	86
Abstract.....	87
Introdução.....	88
Objetivo.....	91
Método.....	91
Equipamento.....	91
Resultados.....	97
Discussão.....	115
Discussão Geral.....	119
Referências.....	129
Anexos.....	141

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides: estruturas do corpo</i>	29
Figura 2. <i>Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides pousada em uma flor</i>	30
Figura 3. <i>Exemplares da Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	30
Figura 4. <i>Diagrama de um Esquema de Segunda Ordem FR2 (FR1)</i>	40
Figura 5. <i>Caixa Experimental e seus Componentes (Adaptada de Pessotti, 1969)</i>	41
Figura 6. <i>Taxa de Respostas (R/Min) nas Durações do Reforço ao Longo das Sessões Experimentais</i>	47
Figura 7. <i>Taxa Média de Respostas (R/min) e Desvio-Padrão da Média como Função da Duração do Reforço</i>	48
Figura 8. <i>Registros Acumulados de Respostas da Abelha D5 em Cada Condição Experimental</i>	51
Figura 9. <i>Vista Frontal da Caixa Experimental em Material Acrílico e seus Componentes, Recoberta por Papel Contact Cinza (Adaptada de Pessotti, 1969)</i>	64
Figura 10. <i>Vista Superior (Imagem à Esquerda) e Vista Lateral (Imagem à Direita) do Mecanismo Eletrônico</i>	65
Figura 11. <i>Taxa de Respostas (R/Min) dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)</i>	71
Figura 12. <i>Taxa Média de Respostas (R/Min) e Desvio Padrão da Média dos Últimos Três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)</i>	72
Figura 13. <i>Taxa de Respostas (R/Min) da Penúltima 1 Hora de Coleta sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão Variável (VR) até VR 5 e Taxa da Penúltima 1 h das Sessões de Manutenção sob VR 3</i>	73
Figura 14. <i>Taxa de Respostas (Gráfico de Linhas) e Taxa Média de Respostas e Desvio Padrão (Gráfico de barras) (R/min) por Blocos de 1 Hora ao Longo dos Dias de Manutenção em VR 3</i>	76
Figura 15. <i>Taxa de Reforços (SR+/Min) dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)</i>	77

Figura 16. Taxa Média de Reforços (SR+/Min) e Desvio Padrão dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade).....	77
Figura 17. Registros Cumulativos de Respostas da Abelha K2 sob Esquema FR x e sob Esquema de Razão Variável (VR).....	80
Figura 18. Vista Superior (Imagem à Esquerda) e Vista Lateral (Imagem à Direita) da Caixa Experimental em Material Acrílico e seus Componentes (Aparato 2).....	92
Figura 19. Vista Frontal do Aparato 1 com Diferentes Topografias de Respostas da Abelha sob Esquema de Intervalo Variável (VI) 30 s.....	93
Figura 20. Vista Lateral do Aparato 2 com Diferentes Topografias de Respostas da Abelha sob Esquema de Intervalo Variável (VI) 30 s.....	94
Figura 21. Taxa de Respostas (R/Min) sob FR x e sob Cada Tamanho do VI (Sessões de Estabilidade).....	102
Figura 22. Taxa Média de Respostas (R/Min) e Desvio Padrão da Média sob FR x e sob Cada Tamanho do VI (Sessões de Estabilidade).....	103
Figura 23. Taxa de Respostas (R/Min) da Penúltima 1 Hora de Coleta sob FR x e sob Cada Tamanho de Intervalo Variável (VI) e Taxa da Penúltima 1 h das Sessões de Manutenção sob VI (15 s e 30 s).....	105
Figura 24. Taxa de Respostas (Gráfico de Linhas) e Taxa Média de Respostas e Desvio Padrão da Média (Gráfico de barras) (R/min) por Blocos de 1 Hora ao Longo dos Dias de Manutenção sob VI 15 s e VI 30 s.....	106
Figura 25. Taxa de Reforços (Reforços por Minuto) sob FR x e sob Cada Tamanho do Intervalo Variável (VI) (Sessões de Estabilidade).....	110
Figura 26. Taxa Média de Reforço (Reforços por Minuto) e Desvio Padrão da Média sob FR x e sob Cada Tamanho do Intervalo Variável (VI) (Sessões de Estabilidade).....	111
Figura 27. Registros Cumulativos da Abelha A4 sob FR x e sob os Tamanhos do VI.....	114
Figura 28. Comparação Entre Registros Cumulativos Sob Esquemas VR 3 e VI 15 s Obtidos por Abelhas Durante Sessões de 1 Hora e Registros Cumulativos Hipotéticos Sob Esquemas VR 50 e VI 1 min de Pombos.....	122

Lista de Tabelas

Tabela 1. <i>Média, Desvio Padrão da Média e Mediana da Taxa de Respostas (R/min) das Abelhas Para Cada Duração do Reforço.....</i>	50
Tabela 2. <i>Número de Visitas ao Aparato Experimental nas Últimas Duas ou Três Sessões de 30 Minutos para Cada Duração de Reforço.....</i>	52
Tabela 3. <i>Número de Sessões (1 Hora) para Cada Abelha no Esquema FR x e em Cada Tamanho da VR.....</i>	69
Tabela 4. <i>Número de Visitas ao Aparato Experimental na Última uma Hora de Cada Condição Experimental do VR (Abelhas que Completaram o Procedimento)</i>	78
Tabela 5. <i>Número de Sessões (1 Hora) para Cada Abelha no Esquema FR x e em Cada Tamanho do VI.....</i>	99
Tabela 6. <i>Número de Visitas ao Aparato Experimental nas Três Últimas Sessões de 1 hora de Cada Condição Experimental do VI (Abelhas que Completaram o Procedimento).....</i>	112

Penha, L. Â. S. (2025). Investigações sobre Aprendizagem Operante em Abelhas sem Ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*). (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil, 289 pp.

Resumo

Abelhas têm sido utilizadas como modelo animal para estudo da aprendizagem operante. O presente estudo teve como objetivo geral verificar alguns procedimentos e variáveis – como a duração do reforço, o esquema de razão variável (VR) e o esquema de intervalo variável (VI) na aquisição e manutenção de comportamento operante em abelhas (*Melipona quadrifasciata anthidioides*). Para tanto foram construídos equipamentos automáticos controlados eletronicamente, adaptados do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969), que era controlado eletromecanicamente. O teste bem-sucedido do equipamento e do modelo animal, utilizando a resposta de pressão ou de deslocamento de uma alavanca (*operandum*) sob esquemas bem conhecidos, pode viabilizar uma linha de investigação sistemática sobre a aprendizagem em meliponas. O Experimento 1 objetivou verificar o efeito da duração pela qual o xarope empregado como reforçador ficava disponível a cada visita à câmara experimental, sobre a frequência da resposta de deslocar a alavanca, que liberava o acesso ao bebedouro. O procedimento consistiu em manipular parametricamente o tempo pelo qual o xarope (solução açucarada concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*) ficava disponível após cada resposta. As durações da apresentação do xarope foram 6, 10, 15 e 30 s (este último é o valor médio que uma melipona *quadrifasciata* permanece coletando o xarope a cada visita, quando a coleta ocorre de modo ininterrupto, até o preenchimento de sua vesícula melífera). O fracionamento do acesso ao xarope afetou a taxa de respostas em cada visita: quanto menor o tempo, mais respostas à alavanca em uma mesma visita e maior a taxa de respostas na sessão. A duração de 10 s mostrou-se como a mínima suficiente para manter a consistência e sistematicidade do responder das meliponas. O Experimento 2 verificou a aprendizagem e a manutenção da resposta de deslocar a alavanca sob o esquema de razão variável (VR). O acesso ao xarope foi mantido em 10 s e a taxa de respostas aumentou linearmente com o tamanho da razão (até VR 5), mantendo-se estável ao longo de sessões sucessivas. O Experimento 3 verificou a aprendizagem e a manutenção da resposta de deslocamento da alavanca sob o esquema de intervalo variável (VI). O tamanho do VI foi manipulado parametricamente, em ordem crescente, até VI 30 s ou VI 40 s. Todas as abelhas aprenderam a resposta operante e quatro completaram a manipulação paramétrica. A taxa de respostas aumentou monotonicamente com o valor do VI e foi replicada entre as abelhas. Os resultados replicaram os tipicamente observados sob esquemas VR e VI em estudos com outras espécies de animais. O funcionamento fidedigno do equipamento e a manutenção das respostas das abelhas sob esquemas intermitentes permite empregar esse comportamento como linha de base para a investigação experimental do efeito de outras variáveis comportamentais e ambientais.

Palavras-chave: aprendizagem operante em insetos, duração do reforço, esquemas intermitentes de reforço, pressão à barra, deslocamento de alavanca, abelhas (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

Penha, L. Â. S. (2025). Investigations on Operant Learning in Stingless Bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*). (Doctoral Thesis). Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil, 289 pp.

Abstract

Bees have been used as an animal model for operant learning study. The present study aimed to verify some procedures and variables – such as the duration of the reinforcement, the variable ratio (VR) schedule and the variable interval (VI) schedule in the acquisition and maintenance of operant behavior in bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*). To this end, electronically controlled automatic equipment was built, adapted from the equipment developed by Pessotti (1969), which was electromechanically controlled. The successful testing of the equipment and the animal model, using the pressure response or displacement of a lever (*operandum*) under well-known schedules, can enable a line of systematic investigation on learning in meliponas. Experiment 1 aimed to verify the effect of the duration for which the syrup used as a reinforcer was available at each visit to the experimental chamber, on the frequency of the response to moving the lever, which released access to the feeder. The procedure consisted of parametrically manipulating the time for which the syrup (50% concentrated sugar solution with lemon balm essence - *Cymbopogon citratus*) was available after each response. The durations of the presentation of the syrup were 6, 10, 15 and 30 s (the latter is the average value that a melipona *quadrifasciata* remains collecting the syrup at each visit, when the collection occurs uninterruptedly, until the filling of its honey vesicle). The fractionation of access to the syrup affected the response rate at each visit: the shorter the time, the more responses to the lever in the same visit and the higher the response rate in the session. The duration of 10 s was shown to be the minimum sufficient to maintain the consistency and systematicity of the meliponas' response. Experiment 2 verified the learning and maintenance of the moving a lever under the variable ratio (VR) schedule. Access to the syrup was maintained at 10 s and the response rate increased linearly with ratio size (up to VR 5), remaining stable over successive sessions. Experiment 3 verified learning and maintaining lever response under the variable interval (VI) schedule. The size of VI was manipulated parametrically, in ascending order, up to VI 30 s or VI 40 s. All bees learned the operant response and four completed the parametric manipulation. The response rate increased monotonically with the VI value and was replicated among bees. The results replicated those typically observed under VR and VI schedules in studies with other animal species. The reliable operation of the equipment and the maintenance of the bees' responses under intermittent schedules allows this behavior to be used as a baseline for the experimental investigation of the effect of other behavioral and environmental variables.

Key words: operant learning in insects, reinforcement duration, intermittent schedules, lever press response, lever displacement response, bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

O estudo do comportamento operante é amplamente documentado na literatura (Catania, 1998; Ferster et al., 1968, 1979; Ferster & Skinner, 1957; Keller & Schoenfeld, 1950, 1974; Millenson, 1967, 1975; Skinner, 1938, 1953, 1966, 1969). Experimentos clássicos envolvendo não humanos (e. g., ratos, pombos, macacos) investigaram as variáveis envolvidas nos processos da aprendizagem operante e mensuraram o desempenho de tais animais sob esquemas de reforçamento, o que possibilitou a descoberta dos padrões regulares de comportamento gerados por estes esquemas nas diferentes espécies (Ferster & Skinner, 1957). A observação dos padrões típicos dos esquemas é uma forma de acessar se o responder está sob controle das contingências de reforçamento. Estudos envolvendo outras espécies de animais (e. g., insetos) ampliam a replicabilidade e generalidade dos dados entre espécies (Catania, 1998; Sidman, 1960), além de permitirem a descrição do comportamento destes animais nos esquemas. Alguns estudos investigaram o responder de abelhas em esquemas de reforçamento (Grossman, 1973; Pessotti, 1964a, 1965a).

Pessotti (1964a, 1965a), por exemplo, com o objetivo de iniciar um programa para analisar o comportamento de abelhas sob diferentes contingências de reforçamento, realizou um estudo com esquemas de Razão Fixa (FR). A resposta operante era o pouso da abelha no aparato experimental e inserção da glossa (i. e., estrutura do corpo da abelha utilizada para coletar alimento, Grimaldi e Engels, 2005) no bebedouro. No estudo de Pessotti, uma abelha da espécie *Mellipona seminigra merrillae* foi treinada a pousar sobre uma plataforma elevada e introduzir a glossa em um orifício onde era disponibilizado o reforço (solução de água com açúcar, concentrada a 50%) após completar cada razão fixa. Pessotti anotava as respostas de minuto a minuto e aumentava as razões gradativamente, sucessivamente e sem interrupções na seguinte ordem (1; 2; 4; 6; 8; 10 e 12). O padrão

de respostas observado nesse esquema foi caracterizado por aceleração positiva e pequenas pausas após reforços.

Grossmann (1973) utilizou um equipamento automatizado para investigar os efeitos dos esquemas de reforçamento contínuo (CRF), razão fixa (FR) e intervalo fixo (FI) na aquisição e extinção de desempenho em abelhas da espécie *Apis mellifera* (*honey bees*). A resposta era definida como a entrada da abelha em um tubo de acrílico, onde era acionada uma fotocélula e computada a resposta. No Experimento 1, foram estabelecidos dois grupos de abelhas, um exposto a reforçamento contínuo (CRF) e outro a FR 5. No Experimento 2, por meio de dois aparatos idênticos, o sujeito do grupo FR era pareado ao do grupo FI e no Experimento 3, pares de sujeitos eram mantidos em esquemas de FR e FI por vários dias, em sessões de treino estendidas. Após cada manipulação experimental eram conduzidas sessões de extinção com 30 minutos de duração. Os resultados desse conjunto de experimentos mostraram que o responder de *honey bees* foi mantido por reforço intermitente com néctar. Nas sessões de treino estendido, por exemplo, uma abelha atingiu FR 30 e outra FI 90 segundos. Assim como ocorre nos vertebrados (e.g., Catania, 1998; Ferster et al., 1968, 1979; Ferster & Skinner, 1957; Keller & Schoenfeld, 1950, 1974; Millenson, 1967, 1975; Skinner, 1938, 1953, 1966, 1969) os resultados indicaram maior frequência de respostas durante a fase inicial de extinção do que após CRF ou FI; taxas de respostas mais altas nos esquemas de razão comparados aos de intervalo e pausas pós-reforço (PRPs) mais longas com os aumentos progressivos das razões.

Estes estudos apontam, portanto, que o comportamento de abelhas é sensível aos esquemas de reforçamento. No entanto, cada um destes estudos investigou o responder de abelhas com um tipo de topografia de resposta diferente. No estudo de Pessotti (1964a, 1965a), a resposta (registrada por observação) era o pouso seguido da inserção da glosa

da abelha no bebedouro e no de Grossmann (1973), a resposta (registrada pelo acionamento de uma célula fotoelétrica) era a entrada em um tubo de acrílico.

Em um estudo mais recente com moscas (Sokolowski, et. al., 2010) foram necessários controles experimentais adicionais para garantir que a resposta de entrada da mosca em um buraco fosse de fato operante e não eliciada pelo reforço. Este estudo utilizou um aparelho automatizado para investigar o paradigma de condicionamento operante em moscas (*blow flies*) da espécie *Protophormia terrae novae*. As moscas foram ensinadas a entrar e sair de um buraco de 7 milímetros de comprimento; a consequência da resposta, apresentada em esquema de reforçamento contínuo (CRF), era uma gota de solução de açúcar. Durante a fase A vigorava um procedimento de extinção (linha de base), isto é, não havia consequências programadas para qualquer resposta emitida pela mosca e durante a fase B estava em vigor o esquema CRF.

A taxa de respostas (R/min) foi maior na fase do CRF do que na fase de extinção, para duas moscas. Para uma terceira mosca foi conduzido um teste para verificar a replicação da linha de base (delineamento ABA) e para uma quarta mosca foi conduzido um teste para replicação tanto da linha de base quanto do CRF (delineamento ABAB). Para se certificar de que a resposta de entrada e saída da mosca no buraco fosse de fato operante e não eliciada pelo reforço, uma gota de solução de açúcar (equivalente ao empregado na fase B) era manualmente colocada dentro da caixa em lugares aleatórios, antes de iniciar as sessões da fase A. A taxa de entrada eliciada apenas pela solução de açúcar foi então mensurada para duas moscas controle (as moscas não consumiam a solução de açúcar nesta fase). As taxas de respostas para estas duas moscas nesse teste foram similares às observadas na fase A (extinção), o que permitiu afirmar que o condicionamento foi de fato operante e não eliciado pelo reforço, já que as moscas entravam no buraco apenas se a resposta requerida fornecesse alimento. Este tipo de

controle seria desnecessário em um aparato cujo *operandum* requeresse a resposta de pressão à barra (Sokolowski, et. al., 2010).

O estudo de Sokolowski et. al (2010) cita um levantamento de artigos empíricos que utilizaram diferentes espécies de animais (e.g., pássaros, roedores, primatas, humanos, vários mamíferos, peixes, répteis e invertebrados) e foram publicados no *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, no período de 1958 a 2008. Apesar da importância dos insetos para se entender o processo de evolução da aprendizagem, apenas 0,13% do total dos artigos publicados no período empregou invertebrados como sujeitos experimentais. A grande maioria dos artigos empregou pássaros, roedores, humanos e vários tipos de primatas (97,9%), seguidos de alguns mamíferos como cavalos, gatos, cachorros ou botos (1,42%) e peixes e répteis (0,5%). Esses dados elucidam a relevância de realizar estudos com abelhas.

Além dos esquemas de reforçamento, o desempenho de abelhas têm sido investigado em tarefas de aprendizagem discriminativa (e.g., Carli, 1977; Pessotti, 1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972; Pessotti & Carli-Gomes, 1981; Pessotti & Lé Sénéchal, 1981; von Frisch, 1953), em reversões sucessivas de discriminações (Moreno et al., 2014; Pessotti, 1969; Pessotti & Carli-Gomes, 1981), com diferentes tipos de estímulos (ver revisão em Moreno et al., 2014), e no responder por exclusão (Moreno et al., 2012; Penha & de Souza, s.d.; Scienza et al., 2019), tópicos importantes para o estudo de comportamentos complexos, tais como o responder relacional (ver McIlvane et al., 2000).

von Frisch (1953) realizou uma série de experimentos clássicos ensinando abelhas (*honey bees*) a associarem uma determinada cor com a presença de alimento em flores artificiais; as abelhas aprenderam que determinada flor de determinada cor apresentava alimento. Em outros experimentos, von Frisch demonstrou que abelhas preferiam

determinadas cores; a cor azul era a principal delas e isso ocorria porque as flores visitadas pelas abelhas refletem, principalmente, comprimentos de ondas correspondentes ao ultravioleta e ao azul. Abelhas enxergam em um ângulo de 280 graus e os seus olhos compostos detectam a radiação ultravioleta; assim conseguem visualizar padrões invisíveis aos olhos humanos. Elas ignoram as flores vermelhas, por exemplo, pois, na visão ultravioleta podem adquirir coloração preta (não atrativa para abelhas). Por mais que as abelhas visitem flores de colorações diferentes do azul aos olhos humanos, na radiação ultravioleta estas flores podem adquirir outras colorações. Outro fator que contribui para a visita a flores de coloração não “preferida” pelas abelhas é a disponibilidade de alimento, pois elas são capazes também de associar os sinais florais com a presença de pólen ou néctar. von Frish também realizou estudos com padrões de estímulos e encontrou que os padrões radiais de flores ou de círculo aberto e círculo fechado, dentre outros foram mais discrimináveis entre si pelas abelhas (*honey bees*) do que, por exemplo, os padrões de X e de Listras (von Frisch, 1953).

O complexo sistema ocular das abelhas é formado por dois olhos compostos laterais, nos quais estão inseridas milhares de unidades individuais chamadas de omatídeos; cada uma destas, forma um ponto de uma imagem completa final como se fosse um mosaico e os três olhos na parte frontal superior que são chamados de ocelos fazem ajustes nesta imagem (Grimaldi & Engel, 2005). As abelhas apresentam várias formas de visão (i. e., visão colorida e acromática, visão polarizada e detecção de movimento) a fim de se orientar no espaço, reconhecer parceiros de acasalamento, ninho adequado e fontes de alimento. Além da visão, apresentam funções não visuais como o arrastamento (*entrainment*¹) do relógio endógeno mediado pela luz e que tem sido

¹ Refere-se a eventos rítmicos comportamentais e/ou fisiológicos que coincidem com uma oscilação ambiental como o responder discriminado àqueles estímulos externos que especificamente podem redefinir

mostrado como o principal sincronizador *Zeitgeber*² em abelhas (Grimaldi & Engel, 2005; Lichtenstein, 2017; Winston, 1987).

Os estudos de von Frisch (1953) foram precursores na investigação da aprendizagem discriminativa por abelhas. Em um estudo recente, Moyroud et. al., (2017), por exemplo, descobriram que centenas de espécies de flores evoluíram a capacidade de projetar halos de luz azul invisíveis aos olhos humanos para atrair abelhas polinizadoras, tornando-se mais atrativas para elas.

O estudo de Moreno e colaboradores (2014), por outro lado, confirmou os resultados do estudo de Pessotti (1969) que, ao utilizar os estímulos lâmpada acesa e lâmpada apagada, estabeleceu em abelhas uma série de reversões sucessivas de discriminação. Pessotti desenvolveu um equipamento com uma barra que, quando pressionada, acionava um circuito elétrico que fornecia o reforçador de maneira automática, garantindo a imediatividade e a fidedignidade na apresentação da consequência para a resposta. Por requerer uma resposta totalmente arbitrária em relação aos comportamentos típicos da espécie na coleta de alimento, e dispensar controles experimentais adicionais por parte do experimentador (sujeitos a erro), o operando automatizado constitui um recurso tecnológico importante para o estudo do comportamento animal (Pessotti, 1969; Skinner, 1966).

Moreno e colaboradores (2014, Experimento 2) estabeleceram discriminações simples e reversões sucessivas de discriminações em meliponas. Neste estudo foram utilizados estímulos discriminativos luminosos nas cores azul e amarelo, apresentados em um equipamento automatizado, que requeria a resposta operante de pressão à barra. Os

o relógio circadiano. Um exemplo é o ciclo claro-escuro determinado pela rotação da Terra (Roenneberg et al., 2003).

² Palavra alemã que pode significar “sincronizador” ou “doador de tempo” (Roenneberg et al., 2003).

estímulos discriminativos ficavam dispostos em dois aparelhos (luz azul em um aparelho e luz amarela em outro), a resposta de pressão à barra no aparelho sinalizado como S+ disponibilizava 30 s de acesso ao xarope no bebedouro e a resposta de pressão à barra no aparelho sinalizado como S- era seguida por 4 s de luzes dos aparelhos desligadas e acesso bloqueado ao bebedouro. A posição dos estímulos (S+ e S-) era variada ao longo das tentativas e havia o contrabalanceamento dos estímulos empregados como S+ e S- entre abelhas. O treino discriminativo era encerrado após 10 respostas consecutivas corretas. Logo após, as funções dos estímulos (S+ e S-) eram revertidas. Com base no estudo de Pessotti (1969), a primeira reversão era encerrada após 10 respostas consecutivas corretas, a segunda e a terceira reversões eram encerradas após seis respostas consecutivas corretas e as reversões subsequentes eram alternadas após ser atingido o critério de três respostas consecutivas corretas, até que finalmente a série de reversões era encerrada após duas reversões consecutivas sem erros. Os resultados indicaram que as abelhas aprenderam as reversões de discriminação e que as três abelhas com melhor desempenho efetuaram entre quatro e 11 reversões de discriminação.

O uso do procedimento de treino discriminativo automatizado em ambos os estudos facilitou o controle experimental e permitiu análises refinadas do desempenho de abelhas em tarefas de aprendizagem operante (Moreno et al., 2014), que não eram viáveis nos estudos que não utilizavam um operando, nem uma resposta operante bem definida.

Além da sensibilidade aos esquemas de reforçamento e do desempenho promissor em tarefas de discriminação (e.g., Biscassi et al., 2015; Carli, 1977; Moreno, 2007; Moreno et al., 2005, 2012, 2014; Penha & de Souza, s.d.; Pessotti, 1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972; Pessotti & Carli-Gomes, 1981a; Pessotti & Lé'Sénéchal, 1981b; Scienza et al., 2019; von Frisch, 1953), outros estudos atestam que abelhas têm grande capacidade de aprendizagem de outros comportamentos

complexos, por exemplo, aprendizagem social e transmissão cultural (e. g., Alem et al., 2016); numerosidade (Howard et. al., 2019a; Howard et al., 2019b); imitação (Loukola et al., 2017); identidade (Giurfa et al., 2001), discriminação temporal (Guimarães Silva et al., 2021) e discriminação condicional (Pessotti, 1969; Moreno et. al., 2005).

No estudo de Pessotti (1969) com abelhas da espécie *Mellipona rufiventris* foram empregados dois aparatos idênticos posicionados lado a lado (14 cm de distância entre os dois) e com uma peça retangular entre eles. Cada aparato era equipado com uma alavanca e bebedouro e coberto com um disco de material plástico de mesma cor (azul ou amarelo). O estímulo modelo apresentado a cada tentativa era a cor do tampo superior dos dois aparatos e da peça retangular entre eles, que poderia ser azul ou amarelo. Os estímulos de comparação eram duas lâmpadas de 6 Watts, localizadas sob a área de pouso; cada lâmpada permanecia acesa em um aparato e apagada no outro. As abelhas eram inicialmente ensinadas a deslocar a alavanca para obter a solução açucarada. Posteriormente, eram ensinadas a discriminar entre os estímulos lâmpada acesa e lâmpada apagada (funcionando ora como S+, ora como S-) e então, eram submetidas a várias reversões sucessivas de discriminação. Com o intuito de acelerar o processo de discriminação condicional posteriormente, Pessotti apresentava o estímulo condicional (azul ou amarelo) junto aos aparatos na fase de discriminação simples. Após atingidos determinados critérios de aprendizagem, era iniciado o ensino de discriminação condicional com alternância dos estímulos condicionais (as cores) em sequência aleatória. Os resultados indicaram que 10 abelhas aprenderam as discriminações condicionais.

Moreno et. al., (2005) adaptaram o procedimento do estudo de Pessotti (1969) e conduziram um teste de emergência de relações de simetria (i. e., inverteram as funções de modelos e comparações) em oito abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata*. Os

resultados indicaram que as oito abelhas aprenderam as discriminações condicionais. Destas oito abelhas, seis alcançaram o critério de simetria emergente.

No estudo de Giurfa e colaboradores (2001), por exemplo, abelhas da espécie *Apis mellifera* aprenderam os conceitos de igualdade e diferença. Para ensinar o conceito de igualdade, os experimentadores utilizaram o procedimento de *matching-to-sample* atrasado em um labirinto em Y. O estímulo modelo era colocado na entrada do labirinto e os estímulos de comparação em cada um dos braços do labirinto. Assim, se o estímulo modelo fosse a cor azul, em um braço do labirinto haveria a cor azul e no outro braço outra cor (e. g., amarelo). A resposta correta era escolher de acordo com o modelo, ou seja, neste exemplo, a cor azul. Foram utilizados estímulos coloridos (azul e amarelo no Experimento 1) e padrão de orientação (vertical e horizontal no Experimento 2). Para investigar se as abelhas haviam formado o conceito de identidade, logo após aprenderem a escolher de acordo com o modelo, elas eram submetidas a testes de transferência com novas amostras de estímulos. As abelhas que foram ensinadas com estímulos coloridos (Experimento 1) foram testadas com estímulos com padrões de orientação (linhas pretas sobre fundo branco) e as abelhas que foram ensinadas com padrões de orientação (Experimento 2) foram testadas com estímulos coloridos (azul e amarelo). Posteriormente, no Experimento 3, abelhas que foram ensinadas com estímulos padrões (radiais e circulares) eram testadas com estímulos coloridos (azul e amarelo) e no Experimento 4, abelhas que eram ensinadas a escolher estímulos odoríferos (limão e manga) eram testadas com estímulos coloridos (azul e amarelo). Os resultados indicaram que em todos os quatro experimentos, os estímulos foram bem distinguidos pelas abelhas, que aprenderam as discriminações simples e as discriminações condicionais de identidade (o que requer relacionar um estímulo com outro igual a ele).

Para investigar se as abelhas formariam o conceito de diferença, Giurfa e colaboradores (2001) utilizaram uma tarefa de *non-matching-to-sample* atrasado. O procedimento era semelhante ao dos experimentos anteriores, exceto que a abelha deveria escolher o estímulo diferente do estímulo modelo (*odddity-to-sample*). Assim, se o estímulo modelo fosse a cor azul e os estímulos de comparação fossem as cores azul e amarelo, a resposta considerada correta era escolher o estímulo amarelo. No Experimento 5, as abelhas eram ensinadas com os estímulos coloridos (azul e amarelo) e testadas com os estímulos padrões de orientação (vertical e horizontal) e no Experimento 6 elas eram ensinadas com os padrões (vertical e horizontal) e testadas com as cores (azul e amarelo). Os resultados indicaram que nos testes de transferência, as abelhas treinadas para escolher a cor diferente transferiram sua escolha para o padrão de orientação diferente (Experimento 5) e as abelhas treinadas para escolher o padrão de orientação diferente transferiram sua escolha para a cor diferente (Experimento 6).

O conjunto destes experimentos revelou que abelhas podem aprender a resolver tarefas de *matching-to-sample* atrasado, onde são requeridas a responder ao estímulo correspondente ao estímulo modelo e a responder a tarefas de *non-matching-to-sample* atrasado, em que são requeridas a responder ao estímulo não correspondente ao estímulo modelo. Além disso, evidenciou que abelhas também podem aprender a transferir as regras aprendidas para novos estímulos de mesma, ou de diferente modalidade sensorial, constatando que além de aprender objetos específicos e seus parâmetros físicos, abelhas podem dominar relações abstratas como os conceitos de igualdade (Experimentos 1 a 4) e diferença (Experimentos 5 e 6) ao fazer as suas escolhas.

Abelhas eussociais (como é o caso das meliponas) que vivem em colônias consideradas "superorganismos" compostas por milhares de indivíduos, modos sofisticados de comunicação e especializações morfológicas para divisão do trabalho

(Hölldobler & Wilson, 2009) são frequentemente utilizadas em estudos de neurociências (Kapheim et al., 2015) para os quais se mostram muito apropriadas, tendo em vista, por um lado, as dimensões de seu sistema nervoso e, por outro, a complexidade dos comportamentos que podem apresentar.

Análises de estruturas cerebrais relacionadas ao desenvolvimento ontogenético e comportamental de abelhas operárias da espécie *Apis mellifera* demonstraram que existem diferenças nas estruturas cerebrais de acordo com o papel social que as operárias exercem. Nestes estudos, abelhas que exerciam o papel de operária nutridora da colmeia (ou seja, que alimentavam as larvas e exerciam outros cuidados dentro da colmeia) apresentaram no cérebro abundância de proteínas relacionadas com a síntese proteica e abelhas que exerciam o papel de operária campeira (i. e., que forrageavam para buscar néctar e pólen) apresentavam proteínas relacionadas com a conversão e produção de energia. Tendo em vista que os cuidados dentro da colmeia necessitam de aguçado reconhecimento de odor e percepção de feremônio e que o forrageamento engloba aprendizado e memorização de um local de alimentação, capacidade de navegação e comunicação, as mudanças no comportamento poderiam ser explicadas pela diferenciação ontogenética e comportamental de nutridora para campeira (Garcia et al., 2009; Hernández, 2009, 2012).

Para investigar as proteínas relacionadas ao processo de aprendizagem por condicionamento operante foram comparadas abelhas operárias forrageiras da espécie *Melipona quadrifasciata* treinadas e não treinadas (abelhas controle) em uma tarefa de discriminação simples. Os resultados indicaram que uma isoforma da proteína arginina quinase foi mais expressa no cérebro das abelhas treinadas por condicionamento operante (Hernández, 2009; Hernández et al., 2023), quando comparada com a expressão em abelhas controle, que não tiveram a experiência de aprender a discriminação operante.

Outros estudos encontraram que pesticidas afetam estruturas cerebrais relacionadas à aprendizagem e à memória nas abelhas. Os neonicotinóides são pesticidas amplamente utilizados e por isso, muito investigados por estes estudos (Cabirol & Haase, 2019; Mitchell et al., 2017; Muth & Leonard, 2019; Piroinen & Goulson, 2016; Siviter et al., 2018). Estes pesticidas têm sido identificados ou suspeitos como um fator-chave responsável pelo declínio da população de polinizadores. Os seus efeitos subletais em concentrações ambientalmente relevantes em abelhas e outros organismos não alvo abrangem distúrbios de crescimento, distúrbios respiratórios e reprodutivos, eficiência reduzida do sistema imunológico, neurológico e cognitivo, de forrageamento, sobrevivência da rainha e capacidade de retorno (Mitchel et al., 2017).

Abelhas também apresentam características da espécie que as tornam viáveis como sujeitos experimentais. Uma característica importante é o valor reforçador envolvido na atividade de forrageamento e a dinâmica de variação nos estados de privação X saciação de abelhas operárias ou forrageadoras, que são as utilizadas nos estudos experimentais, uma vez que são as que saem da colmeia em busca de alimento. Os objetos de coleta (e. g., néctar, resina, pólen) durante forrageamento em ambiente natural não são diretamente consumidos por uma operária: são depositados diretamente na colmeia, onde serão transformados.

O néctar (fonte de açúcares) e o pólen (fonte de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais) são as principais fontes de alimentos das abelhas sem ferrão. O néctar coletado pela glossa é ingerido e estocado provisoriamente na vesícula melífera caracterizada como um estômago especial que fica dentro do abdômen das operárias (Grimaldi & Engels, 2005). Quando a vesícula fica cheia, a abelha retorna para a colmeia e transfere o néctar para outras operárias que ficam dentro do túnel de entrada ou logo na saída do túnel, na parte de dentro da colmeia. As operárias, então, depositam o néctar nos potes e

posteriormente, irão desidratá-lo por um processo de ventilação intensiva (ficam alinhadas uma atrás da outra e batem as asas simultaneamente, criando uma corrente de ar e ficam com uma gota de néctar sob a língua, ingerindo e regurgitando para promover a evaporação da água). Quando a concentração de açúcar atinge entre 70% e 80%, as operárias estocam o mel definitivamente nos potes e, quando ficam cheios, fecham-nos. Nos potes ocorre o processo de fermentação, em que bactérias, fungos e leveduras consumirão parte dos açúcares presentes e produzirão muitos subprodutos que alterarão o sabor e qualidade do mel. Segundo o autor, é provável que substâncias antibióticas, antioxidantes, enzimas e outros elementos estejam sendo adicionados ali. Esse processo promove a conservação do alimento para que as abelhas possam consumi-lo meses ou muitos anos depois (Michener, 2012; Menezes, 2020)

O pólen também passa por um processo intenso de fermentação, com a função de conservá-lo para consumo posterior, além da digestão de suas rígidas estruturas e acesso do seu conteúdo nutritivo. À medida que visitam várias flores, as operárias enchem o corpo de pólen; com as pernas dianteiras levam os grãos de pólen para a corbícula (estrutura na tíbia da perna traseira da abelha); quando as corbículas estão cheias, voltam para a colmeia e depositam o pólen nos potes e quando se enchem o fecham, sendo o conteúdo fermentado pela ação de bactérias, fungos e leveduras. As operárias jovens se alimentam desse pólen fermentado e o utilizam para produção de alimento das larvas (Michener, 2012; Menezes, 2020).

Devido a esta característica, ao deixar a colmeia, o estado de privação da abelha é máximo; quando completa a coleta (no caso de néctar na natureza, ou de xarope no laboratório) e a vesícula melífera fica repleta, a abelha retorna à colmeia e, tão logo deposita o produto da coleta, a bolsa vazia torna-se novamente condição de privação máxima, o que é fundamental para manter a motivação para o trabalho diário (e, de fato,

há evidências científicas de que uma única abelha forrageia por várias horas seguidas, desde que haja iluminação no ambiente [Pessotti, 1969]). Devido a esse funcionamento no forrageamento, quando uma abelha é utilizada em estudos do comportamento mantido por xarope como reforçador, não há necessidade de privação alimentar (Michael, 1982; Moreno et al., 2012; Pessotti, 1969).

Apesar de apresentarem vida curta - operárias da espécie *Melipona quadrifasciata* duram em média 60 dias (Nogueira Neto, 1997) - o estado praticamente constante de privação (ou ausência de saciação) possibilita que permaneçam na situação experimental por longos períodos (os experimentos duram em média de 4 h a 8 h diárias). Os sujeitos também são de fácil manutenção, pois não há a necessidade de fornecer água e alimento, uma vez que estes são obtidos no ambiente natural da abelha (Moreno et al., 2012).

As características do sujeito e os estudos relatados sugerem que abelhas podem servir como modelo animal para o estudo de processos da aprendizagem operante.

Objetivo Geral

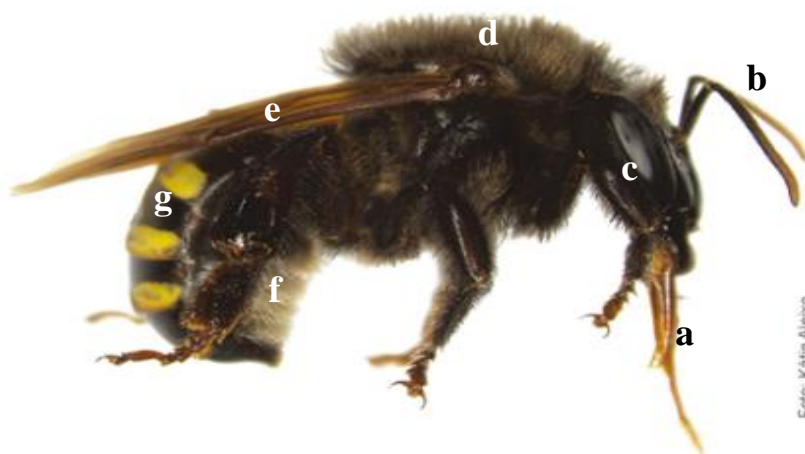
Verificar alguns procedimentos e variáveis – como a duração do reforço, o esquema de razão variável (VR) e o esquema de intervalo variável (VI) na aquisição e manutenção de comportamento operante em abelhas³. Para tanto foram construídos equipamentos automáticos controlados eletronicamente, adaptados do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969), que era controlado eletromecanicamente. Além disso, este estudo teve como contribuição o uso das respostas operantes de pressão à barra e de deslocamento de alavanca, sob esquemas de razão e de intervalo, empregando como sujeitos experimentais abelhas sem ferrão da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Figuras 1 e 2).

³ O detalhamento será mais bem explicitado em cada estudo.

O Experimento 1 verificou o efeito da duração da disponibilidade do reforço (tempo de acesso ao xarope) no responder de pressão à barra de abelhas. Os Experimentos 2 e 3 verificaram a aprendizagem da resposta de deslocamento de uma alavanca e sua manutenção sob parâmetros do esquema de razão variável (VR) e parâmetros do esquema de intervalo variável (VI), respectivamente.

Figura 1

Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides: estruturas do corpo



Nota. Imagem retirada do site [Melipona quadrifasciata - A.B.E.L.H.A. \(abelha.org.br\)](http://abelha.org.br).

Legenda:

- a) Glossa
- b) Antenas
- c) Olhos Compostos
- d) Dorso do Tórax
- e) Asas
- f) Vesícula Melífera
- g) Dorso Negro com Quatro Listras Amarelas

Figura 2

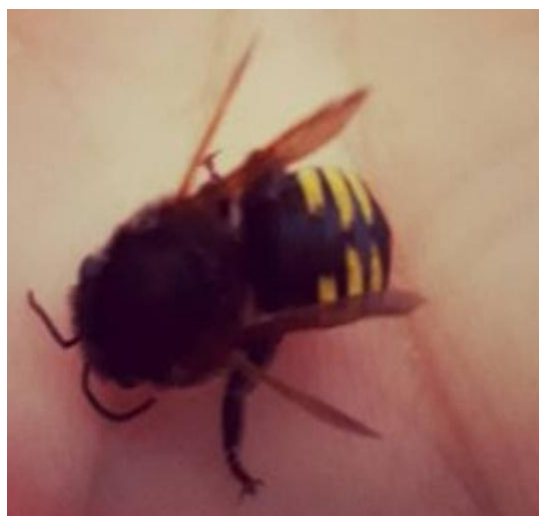
Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides
pousada em uma flor



Nota. Imagem retirada do site [Melipona quadrifasciata -Stingless Brazilian Native bee: r/bee \(reddit.com\)](#). Na imagem observa-se quatro listras amarelas interrompidas ao meio sobre o dorso negro, característica da abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

Figura 3

Exemplares da Abelha da Espécie Melipona quadrifasciata anthidioides



Nota. Imagens captadas pela autora.

Experimento 1

Efeito da Duração do Reforço nas Taxas de Respostas de Abelhas sem Ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)⁴

Resumo

Estudos com abelhas tipicamente mensuram uma resposta ao aparato experimental por visita, quando a abelha retorna à colmeia após preencher sua vesícula melífera. Nesse procedimento, a amostra do comportamento de interesse se torna limitada, gerando desafios analíticos e metodológicos para o estudo de determinados processos. O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito da duração da disponibilidade do reforço (tempo de acesso ao xarope) no responder de pressão à barra de abelhas meliponas. Para tanto, foi construído um aparelho automatizado equipado com barra e bebedouro adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). O procedimento consistiu em fracionar a quantidade de xarope oferecida visando aumentar o número de respostas de pressão à barra por visita das abelhas sem ferrão *Melipona quadrifasciata anthidioides*. Os sujeitos experimentais foram ensinados a pressionar uma barra para acesso a uma solução de xarope de 30 s (tempo médio para preencher a vesícula melífera). Uma vez alcançada a estabilidade, o acesso ao xarope foi fracionado (i. e, reduzido) com base na duração. Apresentações do xarope por 6, 10, 15 e 30 s foram empregadas como consequências para a pressão à barra. Quando o acesso ao xarope foi fracionado, os sujeitos experimentais continuaram respondendo à barra durante uma mesma visita, retornando à colmeia após o preenchimento da vesícula. O fracionamento do acesso ao xarope afetou a taxa de respostas, em uma função inversa da duração. Sugere-se que a manipulação da duração do xarope poderia introduzir um esquema de segunda ordem. Esta exploração tem implicações para o manejo comportamental em experimentos que visam investigar o comportamento operante em abelhas meliponas.

Palavras-chave: duração do reforço, resposta de pressão à barra, equipamento automático, esquema de segunda ordem, abelhas (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

⁴ Este estudo foi publicado na Revista Brasileira de Análise do Comportamento / Brazilian Journal of Behavior Analysis (ReBAC), em 2024, no volume 20(2).
DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/rebac.v20i2.17389>

Experiment 1

Effect of Reinforcement Duration on Response Rates of Stingless Bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)

Abstract

Bee studies typically measure a response to the experimental apparatus per visit, when the bee returns to the hive after filling its honey vesicle. In this procedure, the sample of the behavior of interest becomes limited, generating analytical and methodological challenges for the study of certain processes. The present study aimed to verify the effect of the duration of reinforcement availability (time of access to the syrup) on the pressure response to the bar of melipona bees. For this purpose, an automated apparatus was built equipped with a bar and feeder adapted from the equipment developed by Pessotti (1969). The procedure consisted of fractionating the amount of syrup offered in order to increase the number of pressure responses to the bar per visit of the stingless bees *Melipona quadrifasciata anthidioides*. The experimental subjects were taught to press a bar to access a 30 s syrup solution (average time to fill the honey vesicle). Once stability was achieved, access to the syrup was fractionated (i.e., reduced) based on duration. Presentations of the syrup for 6, 10, 15 and 30 s were used as consequences for the pressure to the bar. When the access to the syrup was fractionated, the experimental subjects continued to respond to the bar during the same visit, returning to the hive after filling the honey vesicle. The fractionation of access to the syrup affected the response rate, in an inverse function of the duration. It is suggested that the manipulation of syrup duration could introduce a second-order schedule. This exploration has implications for behavioral management in experiments that aim to investigate operant behavior in meliponas bees.

Key words: reinforcement duration, bar-press response, second-order schedule, automated equipment, bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

Para estudar aprendizagem de discriminação com abelhas, pesquisadores utilizam tentativas discretas como a frequência de escolhas corretas feitas pelas abelhas, quantificada como a porcentagem de seleções corretas do estímulo alvo em contraste com o distrator. Normalmente, é usada solução de sacarose para escolhas corretas, enquanto escolhas incorretas produzem solução de sabor amargo. Cada escolha de estímulo feita por uma abelha representa um evento distinto e claramente definido, com pontos de início e fim claros (Dyer & Neumeyer, 2005; Reser et al, 2012). No entanto, quando apenas uma resposta é emitida por vez, torna-se difícil identificar se a resposta de escolha entre estímulo discriminativo (S+) e estímulo delta (S-) está correta (ou seja, se ocorre sob controle do S+) ou se ocorre ao acaso. Isso contrasta com os procedimentos de operante livre, que medem o comportamento continuamente ao longo do tempo, sem tentativas distintas predefinidas. Aumentar a probabilidade de a abelha responder a um operando mais de uma vez por visita produz escolha confirmatória para o mesmo estímulo, aumentando a confiabilidade dos dados e a previsibilidade do comportamento discriminado. Essas condições poderiam favorecer o controle experimental e a análise dos dados.

A ocorrência de mais de uma resposta por visita (i. e., período em que a abelha permanece no equipamento experimental e emite pelo menos uma resposta antes de voar de volta para a colmeia, Pessotti, 1969) é muito importante para tarefas simultâneas de discriminação em abelhas, como as investigadas no laboratório da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar (e.g., Moreno et al., 2005; Moreno, 2007; Moreno et al., 2012; Moreno et al., 2014; Penha & de Souza, s.d.; Scienza et. al., 2019). Portanto, é importante explorar procedimentos e técnicas que garantam a ocorrência de mais de uma resposta por visita em uma câmara com operando. A criação desse contexto confere ao experimentador grande dificuldade de manejo pois, normalmente, as abelhas coletam uma

solução de xarope até que sua vesícula melífera esteja totalmente preenchida e depois retornam à colmeia.

Uma solução nesse sentido seria reduzir a solução de sacarose, evitando assim que uma abelha preenchesse sua vesícula com uma única resposta. Estudos anteriores examinaram os efeitos da magnitude do reforço na taxa de respostas, entendendo a magnitude como frequência (Herrnstein, 1961), quantidade (Hulicka, 1960; Keesey & Kling, 1961) ou duração (Jenkins & Clayton, 1948; Catania, 1963; Neuringer, 1967; Rachlin & Baum, 1969; Gentry & Eskew, 1984; Todorov & Hanna, 1984), ou como o produto de ambas as variáveis.

Em um estudo com pombos, Jenkins e Clayton (1948), por exemplo, investigaram a relação entre o tempo de acesso à comida e a taxa de resposta de bicar um disco iluminado. Utilizaram um delineamento ABA, com durações de 2 e 5 s de acesso ao reforço. Três animais foram expostos às durações do reforço (2, 5 e 2 s) e dois animais às durações (5, 2 e 5 s). Os resultados indicaram aumento da taxa de respostas de bicadas com aumento do tempo de acesso à comida.

No estudo de Gentry e Eskew (1984), seis pombos foram expostos a um procedimento chamado condição correlata. Neste procedimento, bicar um disco iluminado de vermelho durante uma tentativa de 8 s acrescentava 0,25 s ao reforço (grãos) de duração 2,5 s. Se nenhuma resposta ocorresse, a luz do alimentador ficava acesa durante 0,25 s. Os animais também foram expostos a dois procedimentos controle. Em um procedimento chamado *yoked*, as sequências das durações apresentadas por cada pássaro eram as mesmas obtidas da última sessão da condição correlata, no entanto, funcionava em um esquema de tempo variável (VT), pois nenhuma resposta era exigida para a apresentação do reforço. Por fim, foram expostos ao procedimento chamado *yoked* de simples resposta que funcionava de forma igual à condição *yoked*, porém com a

exigência de pelo menos uma resposta para a apresentação do reforço. Os resultados indicaram que cinco de seis pombos apresentaram números de respostas mais altos no procedimento correlato - no qual a duração do reforço era proporcional ao número de respostas emitidas durante a tentativa - quando comparado às condições controle (*yoked* e *yoked* de simples resposta), nas quais as mesmas quantidades de reforço eram liberadas, independentemente do responder ou com a exigência de pelo menos uma resposta, demonstrando o efeito do reforço diferencial no responder.

Por outro lado, no estudo de Staddon (1970) a relação entre taxa de respostas e duração do reforço apresentou um resultado diferente dos estudos citados acima. Neste estudo, dois pombos aprenderam a bicar um disco iluminado em esquema de intervalo fixo (FI) 60 s para acesso a 3,3 s de duração do reforço (misto de grãos). Após este treino, a duração do reforço era variada, com os seguintes valores: 1,3; 2,4; 3,5; 5,7 e 9,0 s. A duração do reforço após o FI 60 s era selecionada destas cinco possibilidades apresentadas em blocos de cinco randomizados. As sessões consistiam em 40 intervalos. Os resultados indicaram taxas de respostas mais baixas e aumento das pausas pós reforço seguidas das durações mais longas, o que indicou que o efeito temporal inibitório do reforço em FI aumentou com o aumento das durações.

O efeito da duração do reforço na taxa de respostas demonstrou ser mais consistente em procedimentos de “escolha”, utilizando esquemas concorrentes. Catania (1963), por exemplo, comparou o desempenho de bicar um disco iluminado de três pombos, sob esquema VI 2 minutos com o desempenho de bicar dois discos iluminados sob esquema concorrente VI 2 min VI 2 min. As durações do reforço utilizadas nos dois procedimentos foram 3, 4,5 e 6 s. Os resultados indicaram uma relação linear entre taxa de respostas e duração do reforço para o esquema concorrente e taxa de respostas

insensível a mudanças na duração do reforço para o único disco. Este estudo demonstrou que o esquema concorrente é uma ferramenta útil para estudar a magnitude do reforço.

Neuringer (1967) comparou escolha e taxa de resposta seguido de escolha em um esquema concorrente encadeado quando em um dos elos do encadeado, a duração do reforço era um valor fixo e no outro elo era variado. Neste estudo, três pombos aprenderam a bicar dois discos iluminados, uma bicada em um disco o tornava ativo sob esquema FI 5 s e desativava o outro disco (primeiro elo). A primeira bicada após o esquema FI 5 s podia originar um elo com durações do reforço variadas (6; 10; 4; 3; 2,5; 2 e 2,25 s) ou um elo com durações do reforço com valor fixo de 2 s. Os resultados demonstraram que a escolha variou diretamente com a duração do reforço (i. e., à medida que aumentava a duração do reforço, aumentava a escolha pelo disco variado) enquanto as taxas de respostas foram insensíveis a mudanças nas durações.

No estudo de Rachlin e Baum (1969), pombos foram ensinados a bicar dois discos (um apagado e um com luz contínua) em um esquema concorrente VI 3 min VI 3 min. O disco com luz branca contínua apresentava duração do reforço fixa em 4 s e reforço não sinalizado e o disco apagado apresentava durações do reforço variadas (4, 1, 4, 16, 4, 1, 4, 16 e 4) e reforço sinalizado. Para três dos quatro pombos, os resultados indicaram que a taxa de respostas no disco não sinalizado diminuiu de acordo com o aumento da duração do reforço no disco sinalizado. As latências das respostas de observação (observar e bicar o outro disco) foram constantes durante todas as fases do experimento indicando que o responder em um disco não sinalizado não ocorreu por interferência das respostas de observação no outro disco e apoiou a noção de que responder em um disco é influenciado pelo reforço no outro disco.

Todorov e Hanna (1984) compararam frequência e duração do reforço no desempenho de dois pombos sob esquema concorrente (VI VI, em que um disco era

iluminado de branco e o outro de verde. Ocorreram três condições: 1) frequência do reforço variada e duração do reforço constante entre os dois discos, 2) duração e frequência do reforço variadas e 3) frequência do reforço constante e duração do reforço variada. Os dois animais foram expostos a todas as condições experimentais. O reforço era um misto de grãos. Na condição em que frequência do reforço era variada e duração do reforço era constante (1), houve maior número de respostas no disco correlacionado à maior frequência do reforço; na condição em que frequência e duração do reforço eram variadas (2), houve maior número de respostas no disco correlacionado à maior frequência, independente da variação na duração do reforço e na condição em que frequência do reforço era constante e duração do reforço variada (3), houve distribuição de respostas aproximadamente igual entre os dois discos. Assim, os resultados indicaram maior sensibilidade do comportamento a mudanças na frequência do reforço, quando frequência e duração do reforço foram variadas simultaneamente (2), indicando que a frequência do reforço tem efeito mais potente no comportamento do que a duração do reforço. É importante ressaltar que nestes estudos o reforço foi imediatamente consumido pelo organismo após a sua produção.

Uma peculiaridade das abelhas forrageiras é que o material coletado em uma câmara experimental não é totalmente ingerido, mas depositado na colmeia (cf. Pessotti, 1969). Estudos anteriores realizados com *Melipona Quadrifasciata* no Laboratório de Psicologia da Aprendizagem da UFSCar (e.g., Moreno et al., 2005; Moreno et al., 2007; Moreno et al., 2012; Moreno, et al., 2014; Penha & de Souza, s.d.; Scienza et. al., 2019) verificaram que, a cada visita, esta espécie permanece aproximadamente 30 s sugando xarope do bebedouro, após o que, voa de volta para a colmeia.

Em uma descoberta casual, Pessotti (1969) observou que, limitando a disponibilidade da solução de xarope a um breve período, as abelhas permaneciam dentro

da câmara experimental e realizavam respostas operantes adicionais antes de retornar à colmeia. Esse ajuste foi feito modificando-se o aparato experimental para retrair o alimentador alguns segundos após a resposta correta da abelha. Utilizando um eletroímã, o alimentador foi programado para descer após 15 s, duração determinada pela capacidade do equipamento em sustentar um impulso elétrico por 0 a 15 s. Pessotti descobriu que as abelhas não simplesmente saíam depois de obter uma porção de xarope incompleta, mas no aparato emitiam outras respostas. Uma vez totalmente reabastecidas, as abelhas retornavam à colmeia e, poucos minutos depois, retornavam à câmara. Esse mecanismo efetivamente imitou um contexto de condicionamento de operante livre, no qual as abelhas poderiam aumentar sua frequência de resposta trabalhando para recompensas adicionais. Este procedimento abriu a possibilidade de manipular o tempo de acesso do xarope para promover um contexto de operante livre.

Conceitualmente, pode-se sugerir que a manipulação do tempo de acesso ao xarope poderia introduzir um esquema de segunda ordem. Kelleher (1966) define esquema de segunda ordem como um arranjo no qual um esquema é atribuído a outro. Assim, cada cumprimento de um dos esquemas, funciona como uma resposta unitária ao outro esquema. Cada componente produz seu próprio estímulo, e o conjunto de unidades oferece a oportunidade de obter reforço.

A Figura 4 ilustra um diagrama de um tipo de esquema de segunda ordem de acordo com essa interpretação. Neste diagrama, durante a sequência de produção (painéis superiores), frações do xarope são apresentados de acordo com um esquema de Razão Fixa 1 (FR 1), com cada emissão de uma resposta produzindo 15 s acesso ao xarope. Após duas finalizações FR 1 (esquema de troca-produção – FR 2), a vesícula é preenchida, iniciando um período de troca (painéis inferiores). Assim, uma vez que dois conjuntos de FR 1 são concluídos e dois 15 s de xarope são entregues, o período de troca termina com

o depósito de solução de açúcar na colmeia, e o ciclo é reiniciado. Se for mantida partes da produção de xarope fixas (por exemplo, FR 1), o fracionamento da solução de xarope amplia o componente do esquema de produção de troca.

Portanto, o presente estudo teve como objetivo explorar se a aquisição de xarope mantém o comportamento da abelha dentro de determinados parâmetros e determinar se o fracionamento da duração do xarope, permitindo o preenchimento completo da vesícula melífera da abelha, poderia garantir a permanência da abelha na situação experimental. Essa abordagem visa possibilitar um rastreamento mais preciso e confiável do comportamento em função de suas consequências, um procedimento metodológico para manter as respostas das abelhas em uma câmara experimental.

Foi testado o impacto do fracionamento da duração do xarope (especificamente, tempo de acesso ao xarope) sobre as taxas de respostas das abelhas. Em essência, o objetivo foi avaliar se durações inferiores a 30 s facilitariam a coleta de amostras maiores de comportamento por visita. Para tanto, foi empregado um aparato automatizado operado por uma resposta de pressão a uma barra metálica situada na plataforma de pouso. Essa resposta é definida com precisão, e o alimentador é automaticamente acionado exclusivamente quando a pressão à barra fecha o circuito elétrico, garantindo confiabilidade no registro das respostas e precisão na determinação do tempo em que o alimentador fica disponível. As abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* foram ensinadas a responder ao operando, manipulado a 30 s (o tempo de acesso ao xarope, que corresponde ao tempo médio que a espécie leva para completar o preenchimento da vesícula melífera) (Moreno, 2007; Moreno et al., 2005, 2012, 2014; Penha & de Souza, s. d., Scienza et al., 2019). Posteriormente, foi realizada a redução sistemática dos tempos

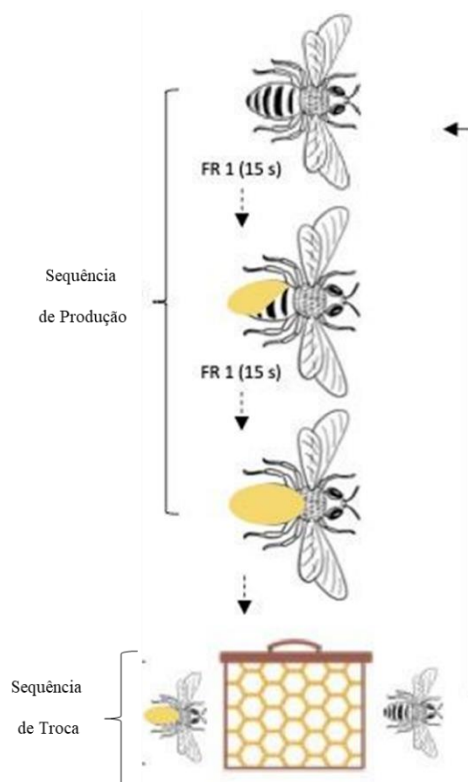
de acesso para 15, 10 e 6 s⁵ para investigar as mudanças correspondentes nas taxas de respostas de pressão à barra.

Objetivo

Verificar o efeito da duração da disponibilidade do reforço (tempo de acesso ao xarope) no responder de pressão à barra de abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

Figura 4

Diagrama de um Esquema de Segunda Ordem FR2 (FR1)



Nota. O painel superior (sequência de produção) representa uma abelha que coleta duas frações de 15 s de néctar, representado em amarelo (vesícula melífera). O painel inferior mostra o período de troca. Consulte o texto para mais informações.

⁵ Em uma fase anterior a este estudo, durações mais curtas (5 s e 3 s) foram testadas, mas resultaram em longos períodos de abandono da situação experimental pela abelha, razão pela qual não foram utilizadas neste estudo.

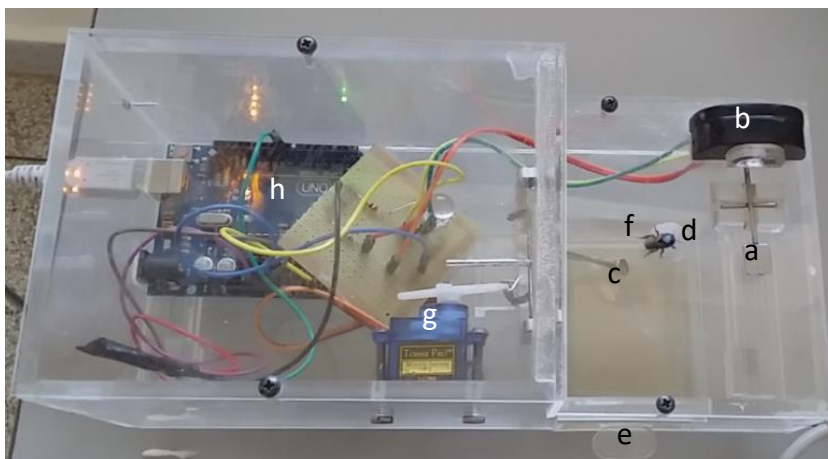
Método

Equipamento

O aparato construído para este experimento consistiu em uma caixa de formato retangular (8 cm de altura x 9 cm de profundidade x 20 cm de largura), com paredes laterais e piso de acrílico transparente, e parte da superfície em aço inoxidável prateado (baseado em Pessotti, 1969 e mostrado na Figura 5). Enquanto o aparato de Pessotti era operado por circuitos eletromecânicos, este equipamento era acoplado a um computador e operado, majoritariamente, por circuitos eletrônicos. Apenas o registro do tempo de visita da abelha ao aparato era operado de forma manual. Para registrar este tempo, era acionado, de forma manual, um botão quando a abelha pousava no equipamento e outro botão quando a abelha alçava voo para a colmeia. O recipiente de xarope era removível, para limpeza e troca do xarope.

Figura 5

Caixa Experimental e seus Componentes (Adaptada de Pessotti, 1969)



Nota. Fotografia do equipamento pela autora. Notar a abelha (f) pousada à borda do bebedouro (d).

Legenda

- a) Barra de metal cuja extremidade oposta acionava a célula fotoelétrica
- b) Torre de célula fotoelétrica com LED de luz branca
- c) Concha metálica para apresentação do xarope
- d) Orifício do bebedouro
- e) Recipiente de xarope removível com puxador
- f) Abelha pousada no bebedouro
- g) Servo motor
- h) Placa de Arduino Uno

O mecanismo utilizado para o bebedouro seguiu o modelo de Pessotti (1969), mas era operado por um servo motor SG90 da marca TowerPro, controlado por uma placa de microcontrolador Arduino UNO, localizados na parte posterior da caixa. Os eventos experimentais eram regulados e registrados por dois *softwares*, um escrito na linguagem de programação Arduino e outro na linguagem Visual Basic. Os softwares e os circuitos eletrônicos que controlaram os eventos experimentais foram adaptações de Escobar e Santillán (2017) e programados por Rafael Fernando da Silva e Lucas Couto de Carvalho.

Sujeitos, Colmeia e Ambiente

Os sujeitos foram seis abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colmeia. A colmeia estava instalada próxima a uma janela de 2 m x 2.8 m na sala experimental do Laboratório de Psicologia da Aprendizagem da Universidade Federal de São Carlos. A janela permanecia fechada, mas apresentava uma abertura de 23,2 cm de altura x 22 cm de comprimento que proporcionava às abelhas livre acesso tanto ao campo externo quanto à sala experimental. A sala apresentava uma porta de vidro que permanecia fechada para o ambiente externo e era iluminada artificialmente por uma lâmpada de flúor de 32 watts. A temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade aferidos por meio do aparelho 4IN1 Multi-Function Environment Meter variou entre 19 e 26°C; entre 60 e 80%RH e entre 200 e 450Lux, respectivamente. Todas as etapas do experimento eram conduzidas com uma abelha por vez (Moreno, 2007, 2012; Pessotti, 1969). Somente quando o procedimento era concluído com uma abelha, outra abelha era recrutada.

Procedimento

Identificação do sujeito

Antes da primeira sessão experimental, um recipiente de plástico contendo xarope (solução açucarada, concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*) era colocado próximo à porta da colmeia e uma das abelhas que pousasse no recipiente era marcada no dorso do tórax⁴, com tinta guache (cf. Pessotti, 1967a). A cor da tinta era usada para identificar a abelha e, portanto, variava entre abelhas.

Modelagem do Pouso Sobre o Aparato e Modelagem da Resposta de Sugar no Bebedouro

Depois de visitas sucessivas ao recipiente contendo xarope e coleta de xarope pela abelha marcada, o recipiente era gradualmente deslocado da colmeia em direção à caixa experimental (Figura 5), que distava 1,5 m da colmeia, até ser colocado sobre ela. Na etapa seguinte, quando a abelha estivesse voando sistematicamente até o aparato, o recipiente era retirado e algumas gotas de xarope eram depositadas na superfície da caixa. Posteriormente, a superfície da caixa era limpa e o xarope ficava disponível apenas no bebedouro, que era acionado manualmente pela experimentadora.

Como o treino era realizado para cada abelha individualmente (Moreno, 2007, 2012; Pessotti, 1969), eram marcadas, no máximo, de duas a três abelhas; dentre estas, apenas uma era conduzida até o equipamento. Se porventura, uma outra abelha voasse repetidamente sobre o equipamento, ela era impedida de se aproximar do bebedouro. Este procedimento geralmente era suficiente para evitar que muitas abelhas circulassem na área da caixa experimental.

Modelagem da resposta de pressão à barra

Esta etapa era iniciada depois que a abelha estivesse voando sistematicamente à caixa experimental e tivesse aprendido a coletar xarope introduzindo a glossa no bebedouro. O acesso ao bebedouro passava a ficar restrito a 30 s contingente a respostas direcionadas à barra, em aproximações sucessivas, desde caminhar próximo à barra, até tocá-la acidentalmente e por fim eram reforçadas apenas as respostas de pressão à barra que deslocavam a pequena extremidade metálica (a), até que sua extremidade oposta acionasse a célula fotoelétrica dentro da torre (b). Finalmente, quando a abelha estivesse pressionando a barra com regularidade, a operação do bebedouro era colocada no modo automático e, após no mínimo 60 minutos, eram iniciadas as etapas seguintes.

Manipulação da Duração do Xarope

Foram utilizadas as durações de 30, 15, 10, e 6 s. Estes valores foram escolhidos tendo em vista que, em estudos prévios no laboratório, com o xarope disponibilizado por tempo ilimitado, uma abelha desta espécie (*Melipona quadrifasciata*) coleta o xarope continuamente, por um período médio de aproximadamente 30 s, até encher a sua bolsa melífera (Moreno et. al., 2012, 2014; Penha & de Souza, s.d.; Scienza et. al., 2019). Com base nesses dados prévios, a pergunta era se, reduzindo o tempo de acesso ao xarope, a abelha retornaria para a colmeia toda vez que a concha baixasse, mesmo que a bolsa melífera ainda não estivesse repleta, ou se ela permaneceria respondendo no aparato e voltaria a pressionar a barra, de modo a produzir períodos adicionais de acesso ao reforçador, até aproximadamente 30 s (ou até que a bolsa coletora estivesse repleta de xarope). A eventual permanência da abelha seria útil para aumentar a confiabilidade dos dados, uma vez que mais respostas a cada visita confirmariam a força e regularidade do comportamento. Considerando-se um tempo médio de 30 s, o número de respostas de pressão à que a abelha poderia emitir sob cada duração do reforço planejada seria uma

resposta para 30 s, duas respostas para 15 s, três respostas para 10 s e cinco respostas para 6 s.

A duração do xarope foi manipulada em ordem descendente (30, 15, 10, e 6 s) para quatro abelhas (D1, D2, D3 e D6) e em ordem ascendente (6, 10, 15, e 30 s) para outras duas abelhas (D4 e D5). Para cada duração foram realizadas duas sessões experimentais com três abelhas e três sessões com outras três abelhas.

Crêterios de Estabilidade

O critério para altera o da dura o foi pelo menos duas sessões de 30 min em cada dura o e inspe o visual do registro cumulativo de respostas. A inspe o do registro cumulativo forneceu informa es sobre a consistência e sistematicidade do responder, representada pelo número de respostas e reforços similares em cada visita e pela constância dos intervalos entre as visitas.

Análise dos Dados

A medida de interesse foi a taxa de respostas (R/min). O cálculo da taxa de respostas foi obtido pela soma do número de respostas emitidas dividido pelo tempo da sessão (30 min). No entanto, o tempo da sessão incluía tanto o tempo no aparelho quanto o tempo na colmeia. Assim, também foi calculada uma taxa de respostas incluindo apenas o tempo da abelha no aparelho, que foi chamada de taxa de visita. A taxa que incluía os dois tempos (no aparelho e na colmeia) era chamada de taxa total.

Fase de Esquentamento

Essa fase era realizada no início de toda sessão experimental diária, enquanto foi manipulada a dura o do acesso ao bebedouro. Consistia em exposi o a 30 s de acesso ao xarope, por um período mínimo de 15 min. Após o período de aquecimento, a dura o atual era retomada.

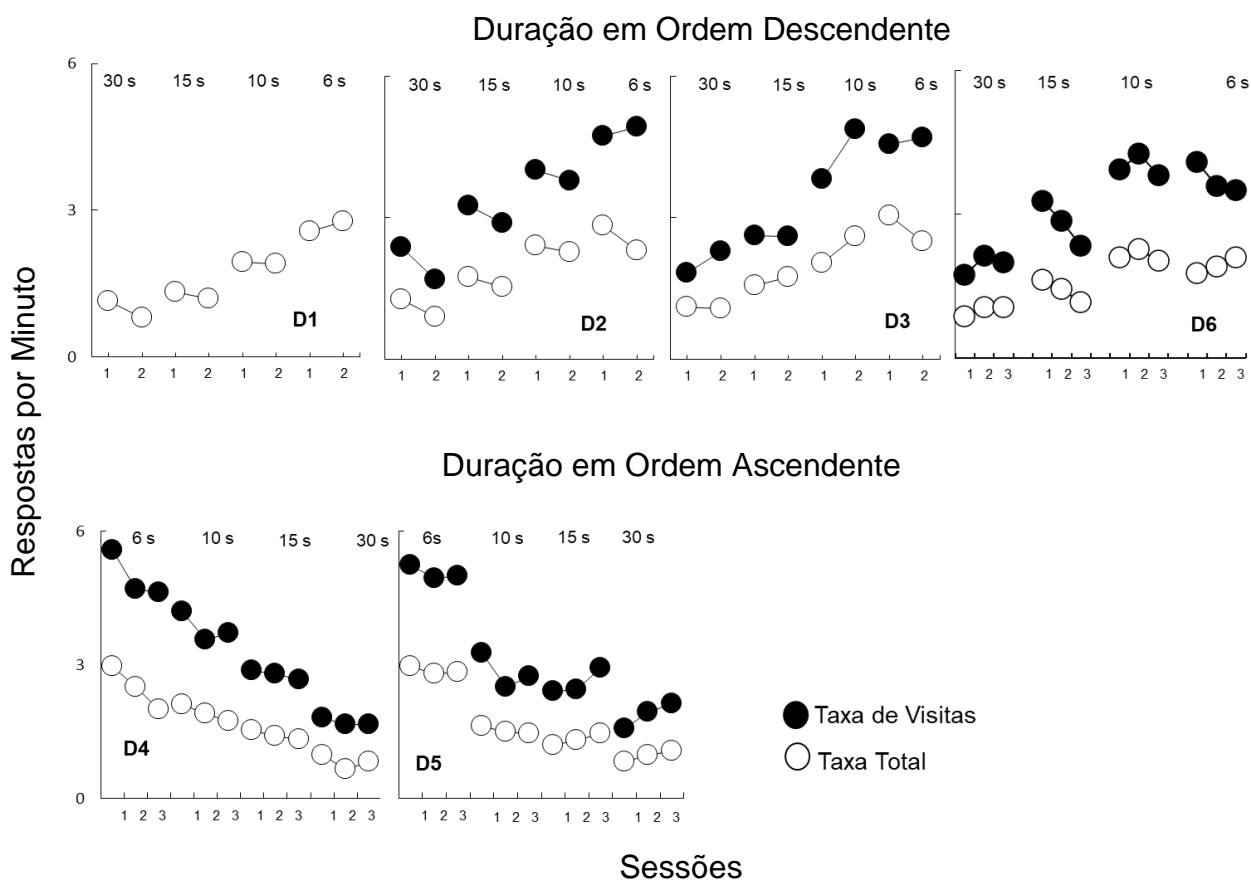
Resultados

A Figura 6 mostra a taxa de respostas (R/min) - total e de visita, de seis abelhas nas durações de acesso ao reforço 30, 15, 10 e 6 s ao longo de sessões experimentais sucessivas. Os círculos cheios representam a taxa de visita e os círculos vazios representam a taxa total (que inclui o tempo na colmeia). A duração do acesso ao reforço está indicada na parte superior da figura. Observa-se que, para todas as abelhas, tanto a taxa total (círculos vazios) quanto a taxa de visita (círculos cheios) foram uma função inversa da duração do acesso ao reforço. Assim, à medida que a duração do reforço diminuía, a taxa de respostas aumentava proporcionalmente (e *vice-versa*, para as abelhas que iniciaram pela menor duração). A taxa total variou de aproximadamente 1,0 R/min a 2,6 R/min; a taxa de visita variou entre aproximadamente 2,0 R/min a 5,0 R/min. O maior tempo de visita da abelha ao aparato experimental foi 20 minutos e o menor 12 minutos, ou seja, variou de 40 a 66,7% da duração total da sessão, que era de 30 minutos.

As taxas foram relativamente estáveis sob cada duração, mas em alguns casos foram observadas tendências ascendentes (ver abelhas D2, duração 6 s; D3, duração 10 s; e D5, durações 15 e 30 s) ou descendentes (abelhas D1, 30 s; D2, durações 30, 15 e 10 s; D6, durações 15 e 6 s; D4, durações 6 e 10 s). De modo geral, não foram observadas diferenças nas taxas com relação à ordem de manipulação da duração do reforço. As abelhas (D4 e D5), para as quais a duração do reforço foi manipulada na ordem ascendente de duração do reforço (6, 10, 15 e 30 s) e as abelhas (D1, D2, D3 e D6) para as quais a duração variou na ordem descendente (30, 15, 10 e 6 s) tiveram taxas de respostas aproximadamente iguais (Figura 6).

Figura 6

Taxa de Respostas (R/Min) nas Durações do Reforço ao Longo das Sessões Experimentais



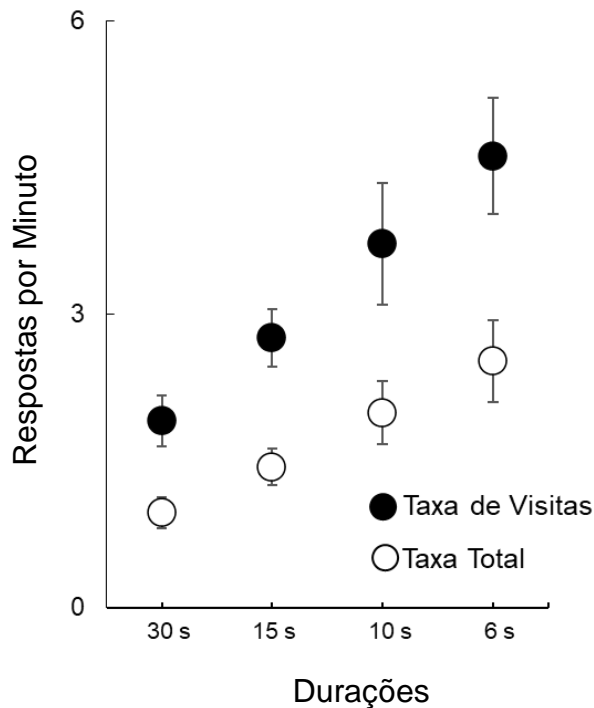
Nota. Para a abelha D1 não foi medido o tempo na colmeia, o que impossibilitou o cálculo da taxa de visitas.

A Figura 7 mostra a taxa média de respostas (R/min) das seis abelhas e o desvio padrão da média das taxas como função da duração do reforço. Os círculos cheios representam a taxa de visita e os círculos vazios representam a taxa total. Confirmando o que foi mostrado na Figura 6, a taxa de respostas diminuiu à medida que aumentou a duração do reforço (relação inversa). A função foi a mesma para ambas as taxas, mas a taxa de visita foi aproximadamente o dobro da taxa total (variações de 2,3 a 4,7 R/min para a primeira e de 1,0 a 2,7 R/min na segunda). O desvio padrão das taxas foi maior

para as maiores durações (15 e 30 s), sendo mais pronunciado na taxa de visita (círculos preenchidos).

Figura 7

Taxa Média de Respostas (R/min) e Desvio-Padrão da Média como Função da Duração do Reforço



Com o intuito de verificar se houve diferenças nas duas modalidades de taxas de respostas entre as durações do reforço quando comparadas entre grupos de abelhas, foi realizado o teste estatístico não paramétrico de *Wilcoxon* ($p = < 0,05$) para dados sem distribuição normal. A Tabela 1 mostra média, desvio padrão e mediana da taxa de respostas das seis abelhas, para cada duração do reforço considerando-se o tempo total e o tempo de visita da abelha ao aparato experimental. Tanto para a taxa total, quanto para a taxa de visita, a média da taxa de respostas aumentou à medida que a duração do reforço diminuiu. Por exemplo, a média da taxa total foi de 0,97 na duração de 30 s, e 2,52 na duração de 6 s. Para a taxa de visita ocorreu o mesmo, a média foi 1,91 na duração de 30

s e 4,62 na duração de 6 s. Nota-se também que para cada duração do reforço, a média da taxa de respostas de visita foi aproximadamente o dobro da média da taxa total. O mesmo efeito foi encontrado com relação às medianas.

Ainda de acordo com a Tabela 1, com exceção da comparação entre os valores 10 s e 6 s do tempo de visita ($N = 5, p = 0,138$), diferenças a nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) foram encontradas para todas as demais comparações realizadas dos valores de duração do reforço, tanto para a taxa total ($p=0,028$ e $p=0,046$), quanto para a taxa de visita ($p=0,043$), o que permite afirmar que houve diferenças estatisticamente significativas nas durações do reforço entre grupos de abelhas. Portanto, o efeito da duração do reforço na taxa de respostas, encontrado intrasujeitos, também foi encontrado no grupo de seis abelhas quanto à taxa total e para pelo menos cinco das seis abelhas na taxa de visita.

Para exemplificar os padrões do responder nas diferentes durações do reforço, a Figura 8 apresenta os registros acumulados de respostas da abelha D5. Para cada duração do reforço, são apresentadas as curvas relativas às três sessões experimentais (da primeira para a terceira sessão) (30 min cada) às quais essa abelha foi exposta. Os números à direita de cada curva indicam o total de respostas na sessão durante os 30 min. Os registros indicam que, de forma geral, à medida que a duração do reforço foi reduzida de 30 para 10 segundos, ocorreu também o aumento do número de respostas de pressão à barra emitidas por sessão e do número de reforços coletados, indicados pelos traços verticais ao longo das curvas acumuladas. Os intervalos maiores entre as linhas verticais correspondem ao tempo de saída e retorno da abelha à colmeia (tempo de viagem). Na duração de 30 s, foram emitidas em média 29 respostas, com 1 a 2 respostas em cada visita. Para 15 s, foi emitida uma média de 40 respostas, com 2 a 3 respostas em cada visita. Para 10 s, observou-se uma média de 46 respostas, com 2 a 3 respostas por visita,

e para 6 s, uma média de 86 respostas. Quando a duração foi de 6 s, houve aumento significativo no número de respostas emitidas por visita em relação às demais durações, porém ocorreu também uma maior inconstância do padrão do responder representado pela maior variabilidade no número de respostas por visita, de 2 a 6 respostas por visita (Figura 8).

Tabela 1

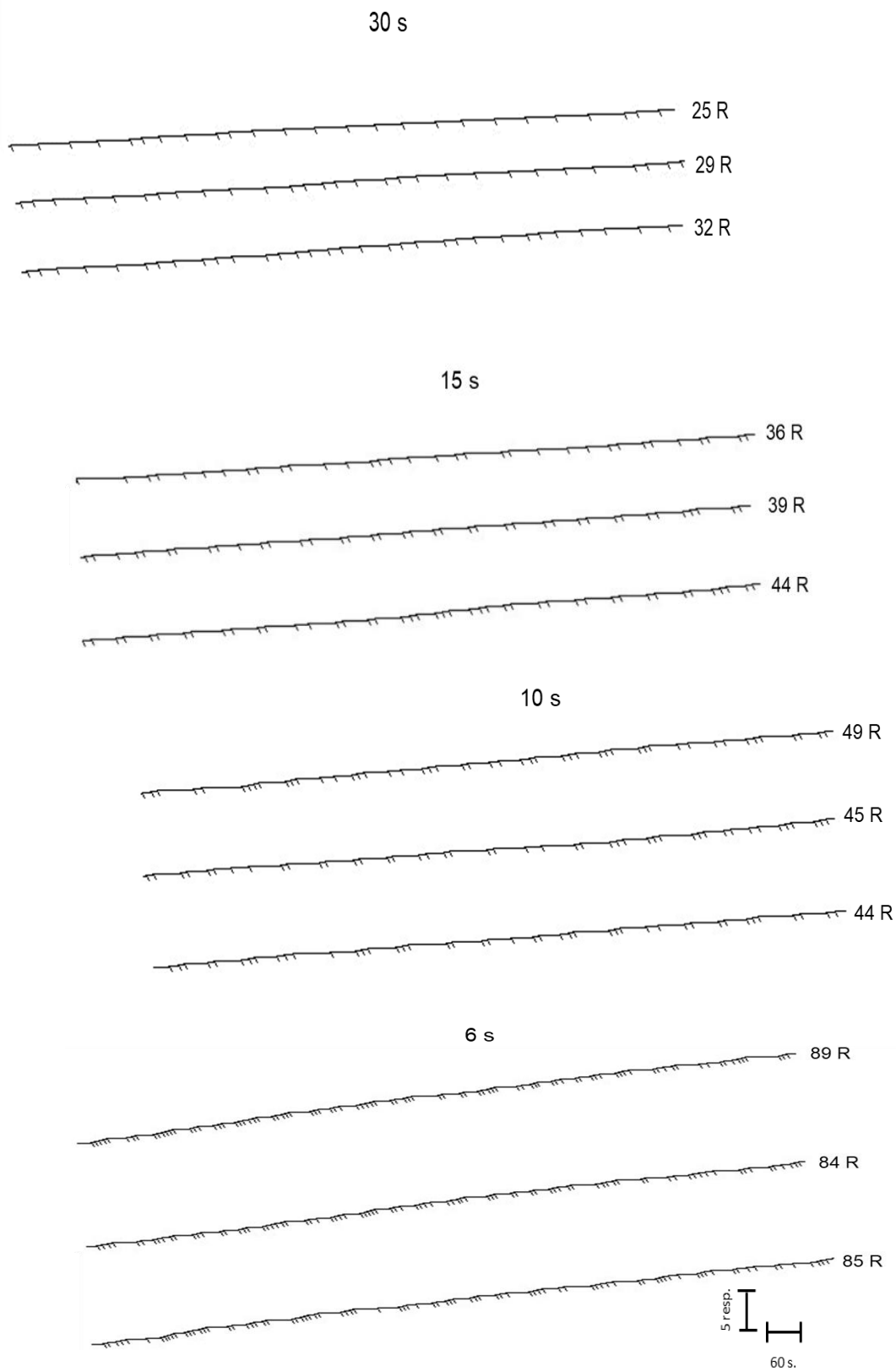
Média, Desvio Padrão da Média e Mediana da Taxa de Respostas (R/min) das Abelhas Para Cada Duração do Reforço. Considerando-se o Tempo Total e o Tempo de Visita ao Aparato Experimental

Duração do reforço	Média (DP)	Mediana	30 s		15 s		10 s	
			Z	p	Z	p	Z	p
Tempo Total (N = 6)								
30 s	0,97 (0,16)	0,97						
15 s	1,44 (0,19)	1,43	-2,201	0,028*				
10 s	1,99 (0,32)	2,03	-2,201	0,028*	-2,201	0,028*		
6 s	2,52 (0,42)	2,57	-2,201	0,028*	-2,201	0,028*	-1,992	0,046*
Tempo de Visita (N = 5)								
30 s	1,91 (0,26)	1,83						
15 s	2,76 (0,29)	2,80	-2,023	0,043*				
10 s	3,73 (0,62)	3,81	-2,023	0,043*	-2,023	0,043*		
6 s	4,62 (0,59)	4,69	-2,023	0,043*	-2,023	0,043*	-1,483	0,138

* $p \leq 0,05$

Figura 8

Registros Acumulados das Respostas da Abelha D5 em Três Sessões de 30 min de Cada Condição Experimental



A Tabela 2 corresponde ao número de visitas das abelhas ao aparato experimental ao longo das durações de acesso ao xarope de acordo com três sessões de 30 min cada.

Tabela 2

Número de Visitas ao Aparato Experimental nas Últimas Duas ou Três Sessões de 30 Minutos para Cada Duração de Reforço

Abelhas	Durações do Reforço (s)												Média
	30			15			10			6			
	Sessões	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
D1	17	19	-	20	17	-	22	18	-	21	17	-	18,9
D2	19	18	-	20	20	-	21	20	-	16	12	-	18,2
D3	17	17	-	17	15	-	16	14	-	14	20	-	16,2
D4	19	15	20	22	19	18	22	19	16	20	18	16	18,7
D5	23	22	23	24	20	21	19	21	19	23	24	23	21,8
D6	23	20	20	21	20	19	21	21	21	21	20	18	20,4
Média	19,7	18,5	21,0	20,7	18,5	19,3	20,2	18,8	18,7	19,2	18,5	19,0	19,3

De modo geral, o número médio de visitas foi 19,05, variando entre 18,5 (mínimo) nas segundas sessões das durações 30 s, 15 s e 6 s e 21 (máximo) na terceira sessão da duração 30 s e manteve-se relativamente constante entre as diferentes condições experimentais. Para a duração de 30 s, o número de visitas variou entre 15 (mínimo) e 23 visitas (máximo); na duração 15 s, essa variação foi entre 15 e 24 visitas; para 10 s, entre 14 e 22 visitas; e para 6 s entre 12 e 24 visitas. A abelha D2 teve o menor número de visitas (12) na segunda sessão de 6 s e a abelha D5 teve os maiores números de visitas (24) na primeira sessão de 15 s e na segunda sessão de 6 s (Tabela 2)

Discussão

O presente estudo objetivou verificar o efeito da duração da disponibilidade do reforço no responder de pressão à barra de abelhas sem ferrão. Para esta finalidade foi construído um aparato automatizado equipado com barra e bebedouro adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). O procedimento consistiu em fracionar a duração do xarope e mensurar a taxa de respostas de pressão à barra emitidas pela abelha em cada duração.

As análises das taxas de respostas das Figuras 6 e 7 mostraram que, para todas as seis abelhas, a taxa de respostas (R/min) foi uma função inversa da duração do reforço, tanto para o cálculo considerando o tempo total de sessão (Taxa Total), quanto para o cálculo considerando o tempo de visita (Taxa de Visita). Tendo em vista que a abelha da espécie utilizada no estudo (*Melipona quadrisfascita anthidioides*) necessita de aproximadamente 30 s para preencher sua vesícula melífera (Moreno et al., 2012, 2014; Pessotti, 1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972; Pessotti & Carli-Gomes, 1981a; Pessotti & Lé'Sénéchal, 1981b; Penha & de Souza, s. d.; Scienza et al., 2019) reduzir a duração do acesso ao reforço aumenta a oportunidade de respostas

a cada visita. Assim, a duração mais curta do reforço requer que a abelha pressione a barra mais vezes para produzir o acionamento do bebedouro, implicando um aumento na frequência de acesso ao reforçador a cada visita. A comparação entre as diferentes durações no responder do mesmo sujeito permitiu a observação de quanto essa manipulação paramétrica modulou a taxa de respostas, indicando controle experimental.

Em suma, a questão de pesquisa foi respondida: as abelhas permaneceram ativas nas sessões experimentais mesmo em durações mais curtas e mantiveram respostas estáveis, como evidenciado pelas curvas acumuladas (Figura 8).

No entanto, a redução da duração do xarope aumentou o custo do responder (Foster & Hackenberg, 2004), potencialmente interferindo na resposta – essa tendência foi particularmente perceptível na duração de 6 segundos (e com valores mais baixos investigados com outras abelhas antes de definir os parâmetros do experimento). Embora a taxa de resposta tenha aumentado na duração de 6 s, houve maior inconsistência no padrão do responder nesta duração, representada pela variabilidade no número de respostas por visita em relação às outras durações, que apresentaram maior sistematicidade no padrão do responder (ver Figura 8).

No presente estudo, cada resposta de pressão à barra produziu acesso a uma fração do xarope; uma interpretação possível é que a manipulação da duração do acesso ao xarope introduz um esquema de segunda ordem (ver Figura 4). Para obter os 30 s e preencher a vesícula melífera, a abelha precisaria de uma quantidade específica de frações do xarope. Assim, à medida que a duração do xarope diminui, a quantidade de frações aumenta. Por exemplo, na duração de 30 s é necessária cerca de 1 fração e na duração de 6 s em torno de 5 frações para a coleta dos 30 s de xarope e depósito na colmeia. Portanto, a quantidade de xarope coletada a cada visita e depositada na colmeia será sempre em

torno de 30 s, independentemente do valor da duração em vigor. A Tabela 2 ilustra a constância de visitas entre as diferentes durações a cada 30 minutos de coleta de dados. A abelha D6, por exemplo, realizou 20 visitas na segunda e terceira sessões de 30 s, na segunda sessão de 15 s e na segunda sessão de 6 s. Para todas as outras abelhas, os valores são similares, variando em média entre 16,3 e 21,8 visitas.

O procedimento empregado no presente experimento poderia ser descrito como um esquema de segunda ordem, com a troca de frações do xarope servindo como depósito de material na colmeia. A sequência da resposta seria definida como sair da colmeia, forragear, retornar à colmeia e esvaziar a vesícula melífera (o que restauraria a condição de privação). Nesse caso, essa complexa unidade de resposta (cadeia) seria reforçada em um esquema de razão fixa com aumento progressivo do tamanho da razão.

Tendo em vista que as abelhas melíponas são eussociais, já que apresentam colônias que funcionam como “superorganismos” (Hölldobler & Wilson, 2009), supõe-se que o reforçador para o forrageamento poderia ser o depósito de material na colmeia (i.e., o total coletado em aproximadamente 30 s a cada visita) (Figura 4), o que restauraria a condição de privação alcançada por meio da cadeia de resposta para preencher a vesícula melífera.

No entanto, algumas evidências sugerem que cada fração de duração também funcionaria como uma fração de reforçador primário. Por exemplo, Hammer (1997) ao realizar o condicionamento clássico entre um odor (estímulo neutro) e despolarização de um neurônio (estímulo incondicionado) em abelhas observou a resposta condicionada de extensão da probóscite⁶ da abelha na presença do odor (estímulo condicionado).

⁶ PER (resposta de extensão da probóscite) é um tipo de resposta da abelha que é avaliada quanto à sua capacidade de responsividade à sacarose em experimentos de condicionamento clássico (Bitterman et al., 1983; Hammer, 1993, 1997).

Uma limitação deste estudo refere-se ao número e duração das sessões. Foram realizadas de 2 a 3 sessões diárias de 30 min cada. Uma possibilidade para estudos futuros seria utilizar um maior número de sessões com maior duração, o que possibilitaria obter mais amostras do comportamento das abelhas. Outras medidas e análises de dados também poderiam ser realizadas, como as análises de pausas pós-reforço e tempo de viagem da colmeia ao aparato, bem como a análise de taxas a cada 5 ou 15 min da sessão, para observar com mais detalhes as tendências do responder com o passar do tempo de forrageamento.

O critério para alterar a duração do acesso ao xarope foi pelo menos duas sessões de 30 min em cada duração e inspeção visual dos registros de respostas cumulativas (como exemplificado na Figura 8). Estudos futuros poderiam utilizar, além da inspeção visual da taxa de resposta, algum critério quantitativo (por exemplo, porcentagem de mudança na taxa média das últimas três sessões) (Bourret, & Pietras, 2013; Sidman 1960).

Estudos futuros também poderiam se beneficiar de uma medida mais precisa do tempo de consumo. O tempo de consumo é calculado multiplicando-se o número de reforços obtidos pela duração do reforço. Para calcular a taxa de resposta, o número de respostas emitidas é comumente dividido pelo tempo da sessão menos o tempo de consumo do reforçador. Devido a uma limitação do programa/equipamento, o tempo de consumo continuou a contar mesmo quando a abelha voava para a colmeia e o bebedouro não estava mais disponível.

A abelha precisa de uma média de 30 s de duração de reforço para preencher a vesícula melífera, mas pode ocorrer, esporadicamente, da abelha consumir um pouco mais ou um pouco menos de xarope. Uma forma de melhorar a medida do tempo de consumo seria colocar uma fotocélula no mecanismo do bebedouro para que a duração

do reforço contasse apenas quando a abelha estivesse presente no bebedouro consumindo o xarope. Essa estratégia permitiria uma medida confiável do tempo de consumo.

Apesar das limitações, este experimento mostra que um inseto como a melipona aprende a pressionar uma barra (ou seja, aprende um novo elo na cadeia de forrageamento). Os resultados deste trabalho confirmam e replicam os estudos realizados por Moreno et al. (2012, 2014); Penha e de Souza (s. d.); Pessotti (1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972); Pessotti e Carli-Gomes (1981a); Pessotti e Lé'Sénéchal (1981b) e Scienza et al. (2019) e outros estudos que mostraram a aquisição de outras respostas arbitrárias, como as respostas de entrada de abelhas em um tubo de acrílico (Grosman, 1973), entrada em um orifício (Sokolowski et al., 2010), carregar uma pequena bola para um local definido (Loukola et al., 2017) e puxar uma corda (Alem et., 2016).

Especialmente, abre novos campos de investigação, particularmente, para estudos interdisciplinares, envolvendo neurociências (as bases neurais do comportamento operante, dadas as vantagens de um sistema nervoso menor, que permite identificar circuitos específicos) e a interação com variáveis ambientais, como, por exemplo, estudos que buscam investigar os efeitos dos agrotóxicos no comportamento e no sistema nervoso das abelhas (e. g., Cabirol & Haase, 2019; Mitchell et al., 2017; Muth & Leonard, 2019; Piironen & Goulson, 2016; Siviter et al., 2018; Couto, s.d.).

Além disso, o estudo apresentou a contribuição original de evidenciar experimentalmente que o comportamento de coletar xarope pela melipona persiste até o pleno preenchimento de sua bolsa melífera, antes de seu retorno à colmeia. Esse padrão de comportamento replica o observado no campo - quando a abelha, após voar da colmeia, visita inúmeras flores, antes de retornar à colmeia (Grimaldi & Engels, 2005) - e pode ser

observado a olho nu, que ao retornar a bolsa melífera encontra-se preenchida. Portanto, a situação experimental permitiu simular o ambiente natural de forrageamento.

Experimento 2: Efeito do Tamanho da Razão Variável (VR) sobre a Taxa de Respostas em Abelhas sem Ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)

Resumo

A aprendizagem operante de abelhas é importante para elucidar princípios de aprendizagem, de modo geral, e para o estudo dos efeitos de variáveis ambientais e fisiológicas sobre o comportamento da espécie. O presente estudo verificou a aprendizagem da resposta de deslocar uma alavanca (*operandum*) e sua manutenção sob parâmetros do esquema de razão variável (VR), utilizando um aparato automatizado equipado com uma alavanca e bebedouro, adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). Os sujeitos experimentais foram oito abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colmeia. Após a modelagem da resposta de deslocamento da alavanca, as abelhas foram expostas progressivamente aos tamanhos da VR (2, 3, 4 e 5). Todas as abelhas aprenderam a deslocar a alavanca. Cinco abelhas desenvolveram taxas de respostas estáveis, que aumentaram linearmente com o tamanho da razão. Nas sessões de manutenção sob VR 3, as taxas foram similares às obtidas na primeira exposição a este tamanho da razão e foram mantidas estáveis. Os resultados replicaram os tipicamente observados sob VR em outros estudos com outras espécies. Além de permitir descrever a aprendizagem das abelhas sob este tipo de esquema intermitente, o estudo contribuirá para desenvolver e avaliar um protocolo experimental que estabelecerá uma linha de base de comportamento estável para estudos dos efeitos de outras variáveis (e.g., efeitos de agrotóxicos) e de outros processos, como a aprendizagem discriminativa.

Palavras-chave: abelhas (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), aprendizagem operante, aparato automatizado, esquema de Razão Variável (VR), resposta de deslocamento de alavanca.

Experiment 2: Effect of Variable Ratio Size (VR) on Response Rate in Stingless Bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)

Abstract

The operant learning of bees is important to elucidate learning principles in general and to study the effects of environmental and physiological variables on the behavior of the species. The present study verified the learning of the response of moving a lever (*operandum*) and its maintenance under parameters of the variable ratio (VR) schedule. For this purpose, an automated apparatus was built equipped with a lever and feeder adapted from the equipment developed by Pessotti (1969). The experimental subjects were eight bees of the species *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentally naïve and from the same hive. An automated apparatus equipped with a lever and feeder was used. After modeling the lever displacement response, the bees were progressively exposed to VR sizes (2, 3, 4, and 5). All the bees have learned to move the lever. Five bees developed stable response rates, which increased linearly with the size of the ratio. In the maintenance sessions under VR 3, the rates were similar to those obtained in the first exposure to VR 3 and maintained stability. The results replicated those typically observed under VR in other studies with other species. In addition to describing the learning of bees under this type of intermittent schedule, the study will contribute to the development and evaluation of an experimental protocol that will establish a baseline of stable behavior for studies of the effects of other variables (e.g., effects of pesticides) and other processes, such as discriminative learning.

Key words: automated apparatus, bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), lever displacement response, operant learning, Variable Ratio (VR) schedule.

Esquemas de reforço são arranjos que possibilitam que determinadas respostas (dentro de uma classe operante) sejam reforçadas, enquanto outras são mantidas em extinção. Os esquemas podem ser do tipo contínuo ou intermitente. Esquemas de reforço intermitentes são mais próximos do comportamento em ambiente natural, uma vez que nem toda resposta é conseqüenciada. Caracterizam-se pela intermitência do reforço, onde uma resposta é reforçada após um número de respostas ou após a passagem do tempo. Uma das principais características da intermitência do reforço é atuar promovendo maior manutenção e maior resistência à extinção do comportamento, quando comparado ao reforço contínuo, onde cada resposta de uma classe operante é reforçada. Outro aspecto importante refere-se à modulação de padrões de respostas, visíveis por meio dos registros cumulativos. Os registros cumulativos fornecem um quadro pormenorizado de como o responder se altera ao longo do tempo, a depender da frequência do responder e do intervalo entre respostas. Diferentes esquemas de reforço promovem diferentes padrões de resposta (Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957; Zeiler, 1977).

No esquema de reforço em Razão Variável (VR), a apresentação de um reforçador depende da emissão de um número de respostas, mas este número varia de um reforço para outro. Em um esquema VR 10, por exemplo, 10 é a média de respostas requeridas para reforço, mas a efetiva apresentação do reforço ocorre depois dos valores definidos em uma sequência (cujas médias são 10): depois de 2 respostas, de 16 respostas, de 4 respostas, de 8 respostas, de 20, etc.

Na história do desenvolvimento dos esquemas, vários recursos foram usados para controlar o esquema de razão variável (inclusive um protocolo para registro de respostas pelo observador, que apresentava a conseqüência sempre que o número de respostas atingia o programado). Com a evolução tecnológica, um esquema VR pode ser facilmente programado com o uso de um programa de computador que seleciona aleatoriamente as

respostas a serem reforçadas. O padrão do responder neste esquema consiste em altas e constantes taxas de respostas com pausas curtas após o reforço e as taxas aumentam à medida que ocorre o aumento no tamanho da razão (Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957). Porém, em exigências muito altas de razões (e. g., VR 60 em ratos e VR 360 em pombos) ou durante a extinção ocorre uma transição abrupta entre taxas altas e pausas longas. No período de extinção após o reforço em VR ocorre um padrão de aceleração de respostas seguido por pausas e novamente aceleração de respostas (padrão denominado *break-and-run*)

O efeito dos esquemas de razão no comportamento, caracterizado primeiro pelo aumento e depois pela diminuição da taxa de respostas (distensão da razão) à medida que aumentava o tamanho da razão foi testado em inúmeros estudos com animais não humanos que se comportavam individualmente (e. g., Bizo & Killeen, 1997; Catania, 1998; Killeen, 1969) ou que cooperavam para receber o reforço mútuo (e. g., de Carvalho et al., 2018, 2020; Souza et al., s.d.). No entanto, até o momento poucos estudos investigaram o padrão do responder de invertebrados em esquemas de reforço (Grossmann, 1973; Pessotti, 1965a; Sokolowski, 2010). E dentre estes estudos, nenhum investigou os efeitos do esquema de VR e aprendizagem em abelhas.

Objetivo

Verificar a aprendizagem da resposta de deslocar uma alavanca (*operandum*) e sua manutenção sob parâmetros do esquema de razão variável (VR) em abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

Método

Equipamento

Com o intuito de aprimorar o equipamento construído para o Experimento 1, o que possibilitaria o registro de medidas precisas do desempenho da abelha no esquema

de reforçamento de razão variável (VR), o aparato construído para este experimento consistiu em uma caixa de formato retangular (12,5 cm de altura x 22,6 cm de profundidade x 14,9 cm de largura), com paredes laterais, piso e superfície de acrílico transparente (baseado em Pessotti, 1969 e mostrado na Figura 9) encapada com papel Contact de cor cinza. Estava localizada a 1,80 m da colmeia. O aparato continha uma alavanca (a) construída em material de latão (8 mm de altura x 2,2 mm x profundidade x 3,5 mm de largura) para respostas operantes que, quando era deslocada, acionava um mecanismo eletrônico. A alavanca funcionava como um “pêndulo”, voltando para a posição inicial, de acordo com a força exercida na parte superior desta e o deslocamento da parte inferior que ao alcançar uma superfície vertical eletrificada computava uma resposta. Um LED com luz branca (b) era ligado quando a alavanca de resposta era deslocada com força suficiente para acionar o circuito eletrônico (superfície vertical eletrificada) e indicava ao experimentador (e ao sujeito) a disponibilidade de alimento (i. e., xarope) no bebedouro. Próximo à alavanca estava localizado um furo circular, o bebedouro (c), por onde era disponibilizado o alimento, por meio de uma concha metálica, que permanecia abaixada, dentro do recipiente de xarope (d), exceto quando era acionada por uma resposta. Notar uma abelha (e) deslocando a alavanca (a) e no bebedouro (c) (Figura 9). O recipiente de xarope era removível, para limpeza e troca do xarope. O mecanismo usado para o bebedouro seguiu o modelo de Pessotti (1969), mas era operado por um servo motor CS-60 da marca Standard Sport Servo (f), controlado por uma placa de microcontrolador Arduino UNO (g), localizados na parte posterior da caixa (Figura 10). Os eventos experimentais eram controlados e registrados por um computador da marca Acer equipado com o programa Visual Studio 2022 e conectado a uma placa de interface modelo ADU208 USB Relay I/O. Os softwares e os circuitos eletrônicos que controlaram os eventos experimentais foram similares aos do Experimento 1.

Figura 9

Vista Frontal da Caixa Experimental em Material Acrílico e seus Componentes, Recoberta com Papel Contact Cinza (Adaptada de Pessotti, 1969)

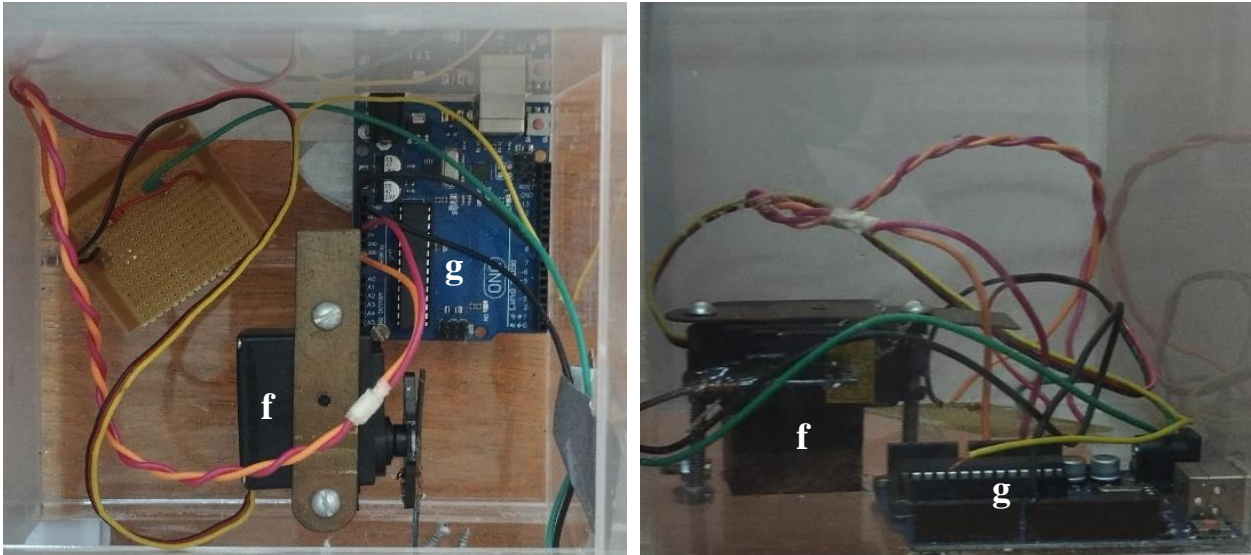


Legenda

- a) Barra de latão que quando deslocada acionava o mecanismo eletrônico
- b) Torre de célula fotoelétrica com LED de luz branca
- c) Orifício do bebedouro
- d) Recipiente de xarope removível com puxador
- e) Abelha deslocando a alavanca (imagem à esquerda) e à borda do bebedouro (imagem à direita)

Figura 10

Vista Superior (Imagem à Esquerda) e Vista Lateral (Imagem à Direita) do Mecanismo Eletrônico



Nota. Fotografia do mecanismo eletrônico pelo colaborador Lucas Codina. O mecanismo era composto por Servo Motor CS-60 da marca Standard Sport Servo (**f**), controlado por uma placa de microcontrolador Arduino UNO (**g**), localizados na parte posterior da caixa experimental.

Sujeitos, Colmeia e Ambiente

Oito abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata, anthidioides*, experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colmeia participaram deste estudo. O ambiente era o mesmo relatado no Experimento 1. A colmeia estava instalada próxima a uma porta de 2,04 m x 0,76 m no interior da sala experimental do Laboratório de Psicologia da Aprendizagem da Universidade Federal de São Carlos, e a entrada da colmeia permitia a saída para o ambiente externo ou para a sala experimental. A porta permanecia aberta, para proporcionar às abelhas livre acesso à sala experimental. A temperatura da sala variou entre 19 e 26°C. Quando a temperatura estava abaixo de 19°C era colocado um aquecedor próximo ao aparato experimental a fim de manter a temperatura em torno de 26°C.

Procedimento

Identificação do Sujeito, Modelagem do Pouso sobre o Aparato e Modelagem da Resposta de Sugar no Bebedouro

A identificação do sujeito, modelagem do pouso sobre o aparato e modelagem da resposta de sugar no bebedouro ocorreram de forma similar à descrita no Experimento 1.

Modelagem da resposta de deslocamento da alavanca

Esta etapa foi iniciada depois que a abelha estivesse voando sistematicamente à caixa experimental e aprendido a coletar xarope (solução açucarada concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*) introduzindo a glossa no bebedouro. As etapas de aproximações sucessivas ao comportamento alvo foram semelhantes às descritas para o Experimento 1. No entanto, a topografia da resposta emitida para dar acesso ao xarope era a de deslocamento (e não pressão) da alavanca. Para isso a abelha precisava se agarrar à barra com as patas dianteiras e/ou traseiras puxando ou empurrando lateralmente a alavanca com força suficiente para deslocá-la. No Experimento 1, a abelha pousava sobre a barra com força suficiente para pressioná-la de cima para baixo.

Ensino

O ensino era iniciado com 10 s de acesso ao xarope a cada deslocamento da alavanca. Essa duração do reforço foi escolhida de acordo com os resultados do Experimento 1, em que esta foi a duração mínima com a qual era mantida a consistência e sistematicidade do responder. Foi programada uma apresentação de xarope a cada deslocamento da alavanca; no entanto, para preencher a vesícula melífera (i. e., 30 s), frequentemente, na duração de 10 s, a abelha respondia em média de três a quatro vezes durante uma mesma visita. Assim, por entender que a abelha não estava respondendo em reforçamento contínuo (CRF), mas em razão fixa (FR) com um número x de respostas definido pelo seu responder, utilizar-se-á no decorrer de todo o texto o termo FR x.

Após alcançado o critério de estabilidade (ver descrição dos critérios de estabilidade no próximo tópico), começava o ensino no esquema de razão variável (VR) mantendo a disponibilidade do xarope de 10 s. Foram utilizados os valores médios (2, 3, 4 e 5) de VR calculados pela fórmula do Fleshler e Hoffman (1962) para o esquema de intervalo variável (VI) e adaptado para o esquema VR. Para cada tamanho de razão havia uma lista de 11 valores. Cada tamanho de VR apresentava em sua lista um valor de VR 1, onde uma resposta produzia reforçadores. A lista era reproduzida até o valor 45, após o qual os valores eram repetidos e era distribuída de forma semi-randômica; os valores poderiam se repetir sequencialmente por no máximo três vezes.

A coleta diária era realizada em torno de 5 horas consecutivas. Para fins de registro e análise de dados, cada hora era subdividida em intervalos de 5 minutos e eram utilizados os últimos 15 minutos de cada hora para o cálculo do critério de estabilidade, por meio do qual era averiguada a estabilidade do responder para a mudança de condição. Cada abelha era ensinada individualmente. A análise ocorria intrasessão. Assim, ao término de cada hora, o programa era encerrado e os dados coletados eram analisados em outro computador com o intuito de verificar a estabilidade. Neste meio tempo, a abelha permanecia trabalhando no mesmo esquema por no máximo 10 minutos (período em que ocorria a análise), após os quais era novamente encerrado o programa e iniciado o programa no valor de VR correspondente a depender do critério de estabilidade alcançado.

Crêterios de Estabilidade

Os critérios de estabilidade correspondiam ao mínimo de duas horas de ensino com acesso ao xarope de 10 s a cada deslocamento da alavanca e 3 horas em cada valor do esquema VR, varia o em torno de 10% da taxa média e inspe o visual com ausência

de tendência crescente ou decrescente dos três últimos intervalos de 5 minutos de cada hora de coleta.

Fase de Esquentamento

Após o ensino da modelagem da resposta de deslocamento da alavanca, a abelha era exposta por uma hora a 30 s de acesso ao xarope a cada deslocamento da alavanca, antes que a duração do reforço fosse reduzida para 10 s. Com a continuidade do procedimento de um dia para outro, era retomado o ensino com acesso ao xarope por 30 s a cada deslocamento da alavanca, por no máximo 2 visitas e acesso ao xarope por 10 s, por no máximo 3 visitas. Logo após, o teste era retomado no valor de razão variável (VR) correspondente.

Resultados

A Tabela 3 mostra o número de sessões a cada uma hora para cada abelha por condição experimental. Para alcançar os critérios de estabilidade, as abelhas precisaram em média de 4, 2, variando de duas (mínimo) à 12 (máximo) sessões no esquema FR x; em média 10, 2, variando de três (mínimo) à 16 (máximo) sessões no esquema VR 2; em média 6,4, variando de uma (mínimo) à 16 (máximo) sessões na VR 3; em média 6,0, variando de seis (mínimo) à 10 (máximo) sessões na VR 4 e em média 3,9, variando de três (mínimo) a 8 (máximo) sessões na VR 5. Para investigar a replicabilidade e manutenção no esquema de razão variável, após alcançar os critérios de estabilidade na VR 5, cinco abelhas (K1, K2, K5, K6 e K8) foram reexpostas à VR 3, atingindo em média 14,2, mínimo (11) e máximo (31) sessões. As abelhas (K4 e K7) não alcançaram estabilidade após 22 sessões na VR 2 e abandonaram a situação experimental.

A abelha K3 alcançou estabilidade após 8 sessões na VR 4, no entanto, apresentou deterioração do responder caracterizado por longos períodos de intervalo antes do retorno ao aparato, por esse motivo foi reexposta aos tamanhos da VR (2, 3 e 4), com o intuito de

ser reexposta à razão VR 5, no entanto, após 8 sessões na VR 4 não retornou mais ao aparato. (Tabela 3).

Tabela 3

Número de Sessões (1 Hora) para Cada Abelha no Esquema FR x e em Cada Tamanho da VR

Abelhas	Número de Sessões								
	FR x	Tamanhos da Razão Variável							
		2	3	4	5	^a Rep	3 Rep	4 Rep	Média
K1	2	5	8	10	6	-	31	-	7,7
K2	2	6	14	8	3	-	17	-	6,2
^b K3	12	16	1	8	-	6	11	8	7,7
K4	7	22	-	-	-	-	-	-	3,6
K5	4	3	7	6	8	-	25	-	6,6
K6	3	4	16	7	6	-	11	-	5,9
K7	2	22	-	-	-	-	-	-	3,0
K8	2	4	5	9	8	-	19	-	5,9
Média	4,2	10,2	6,4	6,0	3,9	0,7	14,2	1	5,8

Nota. ^a Rep indica repetição do valor da razão variável para verificar sua replicabilidade; ^bA abelha K3 apresentou deterioração do responder após alcançar estabilidade na VR 4 (8 sessões), assim foi reexposta aos tamanhos da VR (2, 3 e 4), mas após 8 sessões na VR 4 não retornou mais ao aparato.

A taxa de respostas (R/min) foi a medida utilizada para verificar o efeito do tamanho da razão no responder e a manutenção do responder na VR. A taxa de respostas foi calculada somando-se o número de respostas obtidas em cada intervalo de 5 min dividido por cinco (Figura 11) e a taxa média de respostas foi calculada somando-se as taxas nos três intervalos de 5 minutos dividido por três (Figura 12). Os círculos e triângulos preenchidos representam a taxa durante a primeira exposição ao tamanho da razão e os círculos vazios representam a taxa durante a segunda exposição ao tamanho da

razão. Os tamanhos da razão estão descritos na parte superior das duas figuras seguintes. As cinco abelhas (K1, K2, K5, K6 e K8) do painel superior completaram todo o procedimento, sendo expostas a todos os tamanhos de razão, enquanto as três abelhas (K3, K4 e K7) do painel inferior não completaram o procedimento. (Figuras 11 e 12).

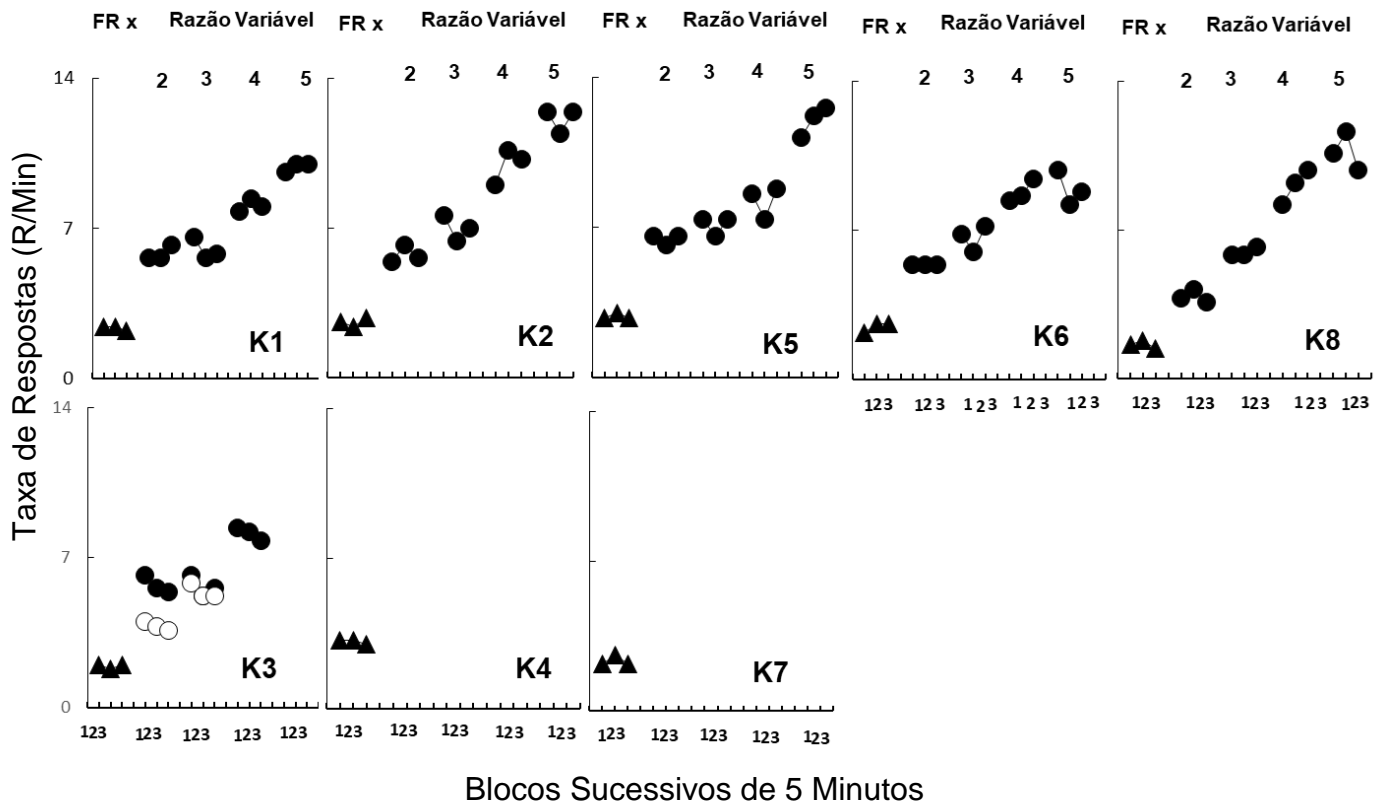
As Figuras 11 e 12 mostram a taxa de respostas e a taxa média de respostas e desvio padrão da média, respectivamente, sob (FR x) e sob cada tamanho de razão variável (VR) até VR 5, com 10 s de duração do xarope. A abelha K3 foi exposta até a VR 5, mas não atingiu estabilidade para iniciar as sessões de manutenção na VR 3 e as abelhas K4 e K7 foram expostas cada qual a VR 1 e VR 2, mas não atingiram estabilidade para mudar de condição.

Observa-se, de modo geral, que, para todas as abelhas expostas à VR, a taxa de respostas foi uma função direta do tamanho da razão. Isto é, à medida que o tamanho da razão aumentava, a taxa de respostas aumentava. Isso ocorreu para a taxa dos três últimos intervalos de 5 min (Figura 11) e foi replicado para a taxa média que apresentou desvios padrões pouco pronunciados (Figura 12). Por exemplo, nas duas Figuras (11 e 12), observa-se que a taxa para cada FR x variou entre, aproximadamente, 1,0 R/min e 2,0 R/min e no maior valor de razão (VR 5) entre, aproximadamente, 12,0 R/min e 13,0 R/min. Não houve diferenças substanciais entre as taxas nas VR 2 e VR 3 para cinco (K1, K2, K5, K6 e K3) das seis abelhas expostas a estes tamanhos de razão, com a taxa variando, aproximadamente, entre 6,0 R/min e 7,0 R/min. Com exceção da abelha K6, em que as taxas de respostas foram aproximadamente iguais entre as VR 4 e VR 5, variando entre 8,0 R/min e 9,0 R/min, para todas as outras abelhas o maior valor de taxa foi alcançado na VR 5. A fim de evitar a deterioração do responder, abelha K3 foi exposta a repetição das VR (2 e 3) (círculos vazios), foi observada a replicação da taxa da primeira

exposição (círculos fechados) a estes dois tamanhos da VR, a taxa variando aproximadamente entre 6,0 R/min e 7,0 R/min.

Figura 11

Taxa de Respostas (R/Min) dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)

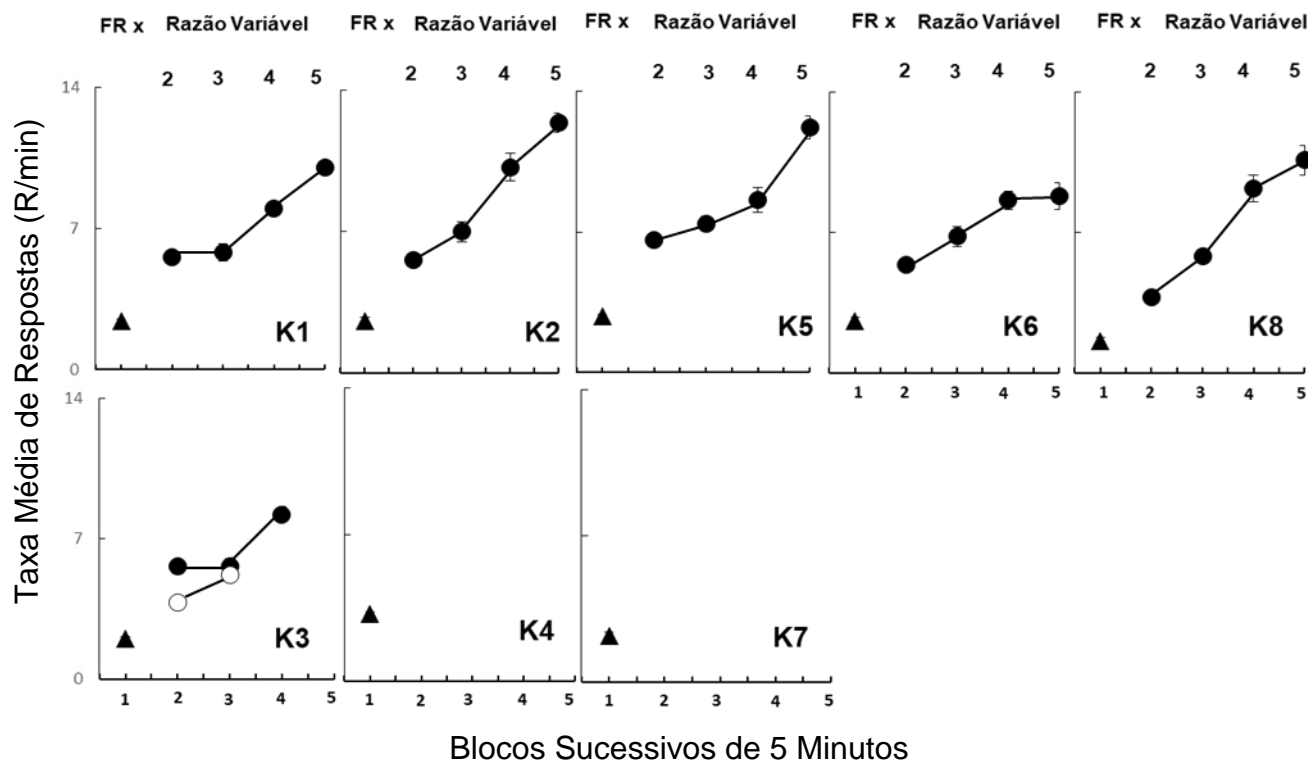


A Figura 13 apresenta a taxa de respostas (R/min) da penúltima 1 hora de coleta e sob cada tamanho de razão variável (VR) até VR 5 e a taxa da penúltima 1 h das sessões de manutenção sob VR 3. Com exceção da abelha K3 que a taxa foi calculada para a única 1 hora da primeira exposição a VR 3. Os triângulos preenchidos referem-se à taxa no FR x; os círculos preenchidos correspondem a taxa da primeira exposição a cada tamanho da razão e os círculos vazios a taxa da segunda exposição a VR 3 (sessões de manutenção) para as cinco abelhas (K1, K2, K5, K6 e K8) do painel superior da

figura e a taxa da segunda exposição a VR (2, 3 e 4) para a abelha K3 do painel inferior da figura.

Figura 12.

Taxa Média de Respostas (R/Min) e Desvio Padrão da Média dos Últimos Três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)



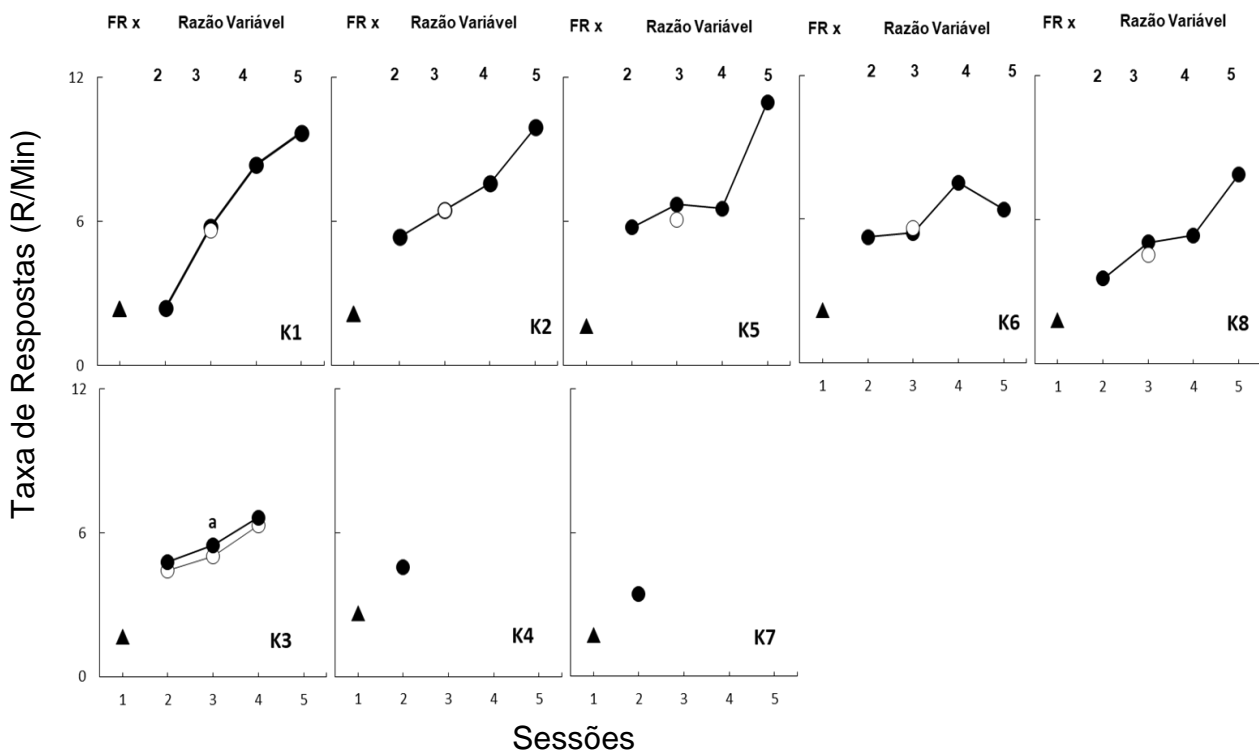
Assim como foi observado nas Figura 11 e 12, a taxa foi uma função direta do tamanho da razão, aumentando quando o tamanho da razão aumentava. Para todas as abelhas, a taxa no FR x manteve-se entre aproximadamente, 2,0 R/min e 3,0 R/min. Com exceção da abelha K6 cuja taxa na VR 5 foi aproximadamente, 6,0 R/min, ficando abaixo da taxa na VR 4, aproximadamente 7,0 R/min, para as demais abelhas a taxa na VR 5 manteve-se entre 9,0 R/min e 12,0 R/min (Figura 13).

A taxa da segunda exposição a VR 3 representada pelos círculos vazios (manutenção) replicou a taxa da primeira exposição a VR 3 (círculos preenchidos), aproximadamente 6,0 R/min. O que indica a consistência do responder para todas as

abelhas na VR 3. Também houve replicação da segunda exposição a VR (2, 3 e 4) para a abelha K3 (Figura 13). Diferente do dado das Figuras 11 e 12 (sessões de estabilidade), com exceção da abelha K6, para as outras abelhas (K1, K2, K5, K8 e K3) a taxa na VR 3 foi superior à taxa na VR 2, aproximadamente entre 6,0 R/min e 7,0 R/min e entre 2,0 R/min e 5,0 R/min, respectivamente. Enquanto nas sessões de estabilidade (Figuras 11 e 12) esta taxa foi aproximadamente igual nas VR (2, 3) para cinco de seis abelhas, aproximadamente entre 6,0 R/min e 7,0 R/min

Figura 13

Taxa de Respostas (R/Min) da Penúltima 1 Hora de Coleta sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão Variável (VR) até VR 5 e Taxa da Penúltima 1 h das Sessões de Manutenção sob VR 3



Nota. ^a Dados da única 1 hora para a primeira exposição a VR 3.

Após alcançar o critério de estabilidade na VR 5, cinco abelhas (K1, K2, K5, K6 e K8) foram expostas novamente a VR 3 com o intuito de investigar a manutenção do comportamento neste tamanho de razão. A Figura 14 mostra a taxa de respostas (R/min)

por blocos de 1 hora ao longo dos dias de manutenção sob VR 3. No gráfico de linhas, para cada hora foram descartados os dados dos 15 minutos iniciais e 15 min finais; círculos fechados representam a taxa no período de 16 a 30 min. e círculos abertos representam a taxa no período de 31 a 45 min.

O gráfico de barras corresponde a taxa média e desvio padrão de todas as horas de coleta de cada dia na manutenção em VR 3. Inicialmente foram programadas cinco horas diárias de coleta durante o período de cinco dias, no entanto, foram efetivamente realizadas de três a cinco horas de coleta diárias durante três a sete dias, a depender das circunstâncias do laboratório e do clima e temperatura, condições que afetavam a taxa de respostas das abelhas. De forma geral, a taxa manteve-se constante do primeiro ao último dia para todas as abelhas, aproximadamente entre 6,0 R/min e 9,0 R/min, indicando a consistência do responder das abelhas sob VR 3. Apesar de pequenas variações, as taxas no período de 16 a 30 min (círculos fechados) em comparação ao período de 31 a 45 min (círculos abertos) mantiveram-se aproximadamente iguais demonstrando a consistência do responder da abelha dentro de cada hora de coleta. Os gráficos de barra indicam que a taxa média de respostas diárias de todas as abelhas também se manteve constante no decorrer dos dias, aproximadamente entre 6,0 R/min e 7,0 R/min. A abelha K8 apresentou os maiores desvios padrão da média durante todos os dias, o que se reflete na maior variabilidade do responder indicada pelo gráfico de linhas, por outro lado, a abelha K5 apresentou menores desvios padrão da média, o que pode ser notado no gráfico de linhas pela maior consistência do responder em todos os dias, com pouca variabilidade (Figura 14).

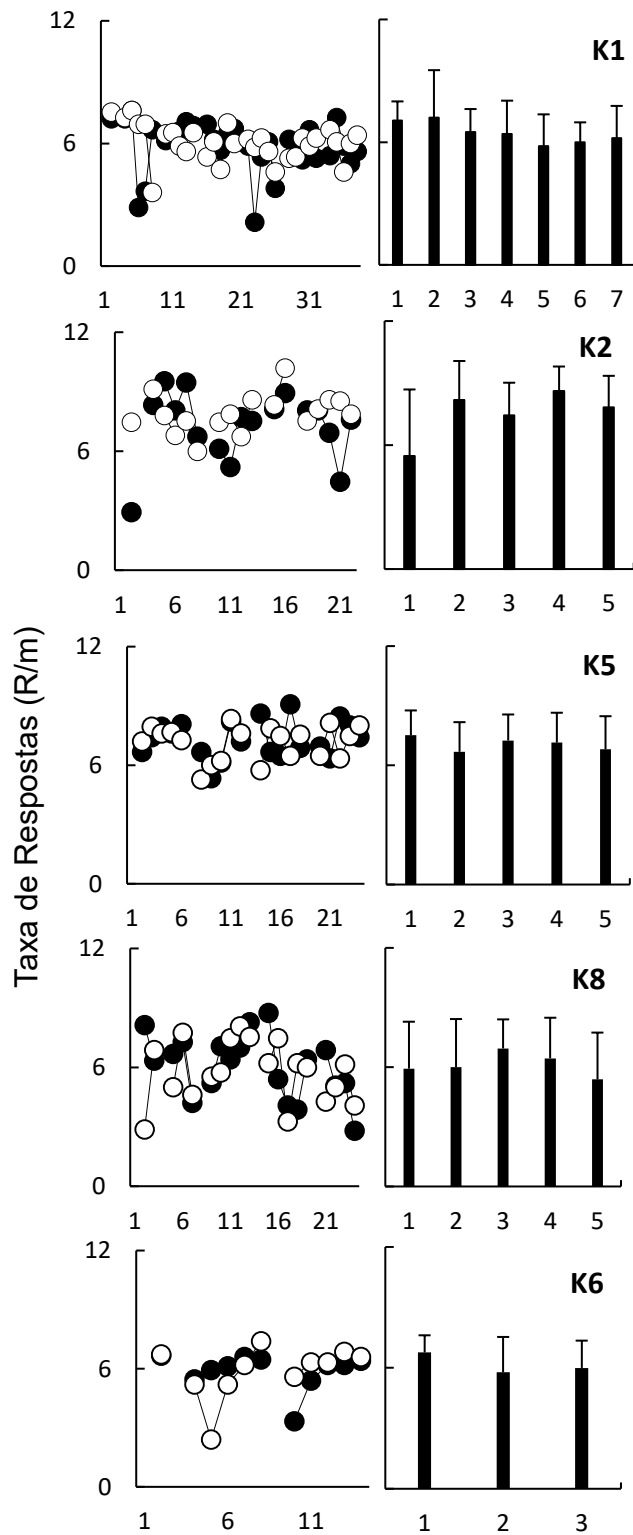
As Figuras 15 e 16 representam a Taxa de Reforços e a Taxa Média de Reforços (SR+/min) e desvio padrão, respectivamente, dos últimos três blocos de 5 min sob o esquema FR x e sob cada tamanho da VR (sessões de estabilidade). Os círculos e

triângulos preenchidos mostram a taxa durante a primeira exposição aos esquemas e os círculos abertos a taxa durante a reexposição aos esquemas. As cinco abelhas do painel superior completaram o procedimento e as três abelhas do painel inferior não completaram o procedimento. De modo geral, com exceção abelha A 4, cuja taxa no FR x foi 3,5 (SR+/min), para todas as demais abelhas observa-se uma taxa relativamente constante, não havendo diferenças substanciais da taxa de reforços ao longo das condições experimentais, a taxa variou entre 2,0 (SR+/min) (mínimo) e 3 (SR+/min) (máximo) (Figuras 15 e 16). Observa-se na Figura 15, maior variabilidade da taxa de reforços nos tamanhos das VR (2, 3) para a abelha K 3, tanto para a primeira exposição aos esquemas (círculos preenchidos) quanto para a reexposição (círculos abertos). Por outro lado, o dado de taxa média desta abelha (Figura 16) mostra a replicação da taxa média (círculos vazios) da primeira exposição aos tamanhos das VR (2,3) (círculos fechados).

A Tabela 4 apresenta o número de visitas (das abelhas que completaram o procedimento) no esquema FR x e ao longo dos tamanhos da VR durante a última uma hora de exposição aos esquemas (esse período incluía os 15 min finais das sessões de estabilidade). De modo geral, o número médio de visitas foi 26,1 visitas, variando entre 22,8 (mínimo, VR 4) a 29,6 (máximo, FR x) visitas e manteve-se relativamente constante entre as diferentes condições experimentais. Para o esquema FR x, o número de visitas variou entre 26 (mínimo) e 37 visitas (máximo); na VR 2, essa variação foi entre 20 (mínimo) e 33 (máximo) visitas. Para VR 3, entre 20 (mínimo) e 34 (máximo) visitas; na VR 4 entre 18 (mínimo) e 31 (máximo) e para VR 5 entre 21 (mínimo) e 31 (máximo) visitas. A abelha K2 obteve os menores números de visitas, variou entre 18 (mínimo) na VR 4 e 26 (máximo) no FR x. Por outro lado, a abelha K1 apresentou os maiores números de visitas, variou entre 31 (mínimo) nas VR (4,5) e 37 (máximo) no FR x.

Figura 14

Taxa de Respostas (Gráfico de Linhas) e Taxa Média de Respostas e Desvio Padrão (Gráfico de barras) (R/min) por Blocos de 1 Hora ao Longo dos Dias de Manutenção em VR 3



Dias - Blocos Sucessivos de Sessões

Figura 15

Taxa de Reforços (SR+/Min) dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)

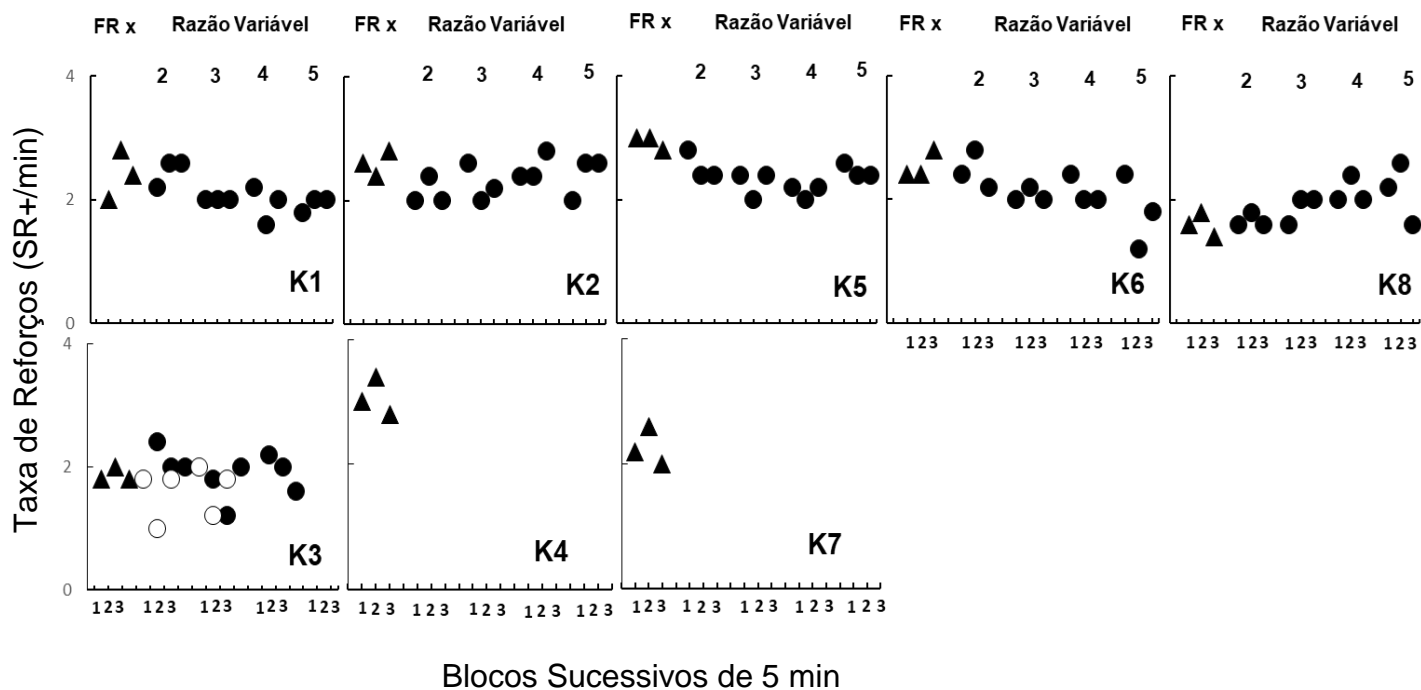


Figura 16

Taxa Média de Reforços (SR+/Min) e Desvio Padrão dos Últimos três Blocos de 5 min sob FR x e sob Cada Tamanho de Razão até VR 5 (Sessões de Estabilidade)

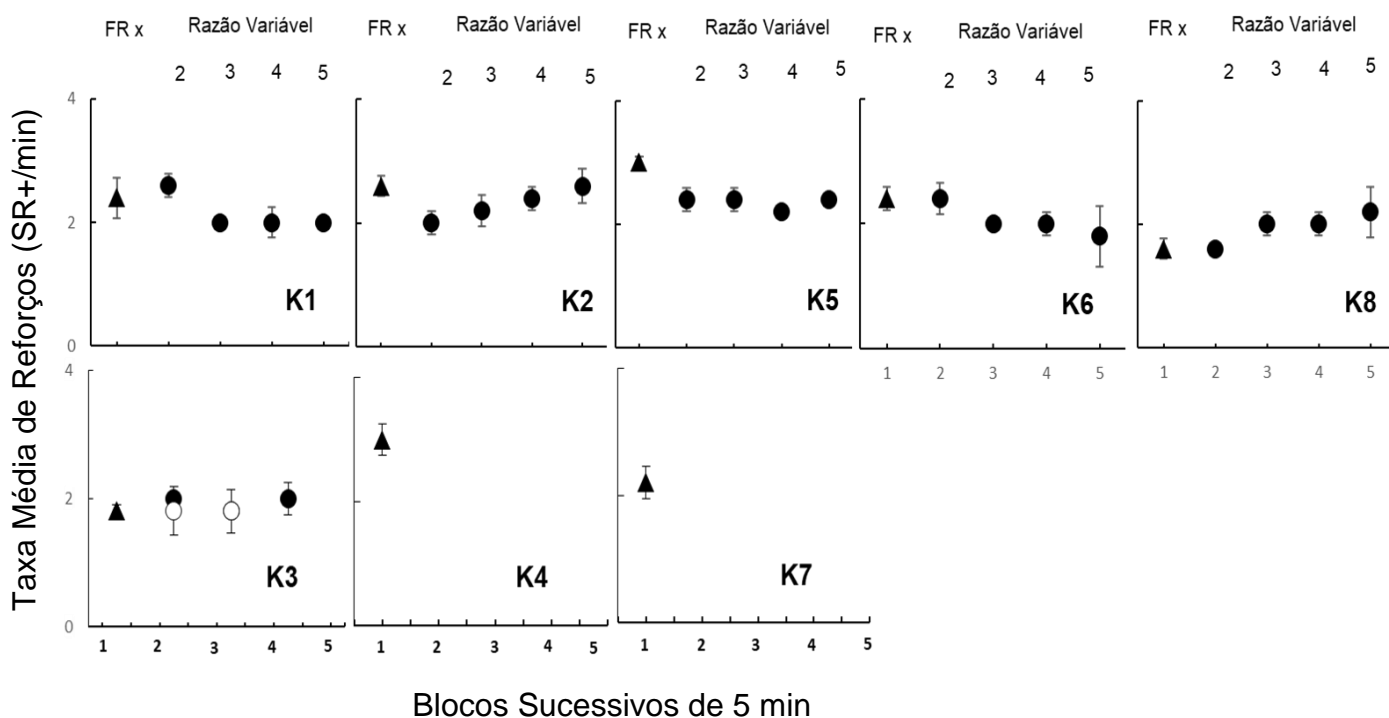


Tabela 4

Número de Visitas ao Aparato Experimental na Última uma Hora de Cada Condição Experimental do VR (Abelhas que Completaram o Procedimento)

Número de Visitas						
Razão Variável (VR)						
Abelhas	FR x	2	3	4	5	Média
K 1	37	33	34	31	31	33,2
K 2	26	20	20	18	21	21
K 5	30	30	24	19	27	26
K 6	28	28	25	23	21	25
K 8	27	28	25	23	23	25,2
Média	29,6	27,8	25,6	22,8	24,6	26,1

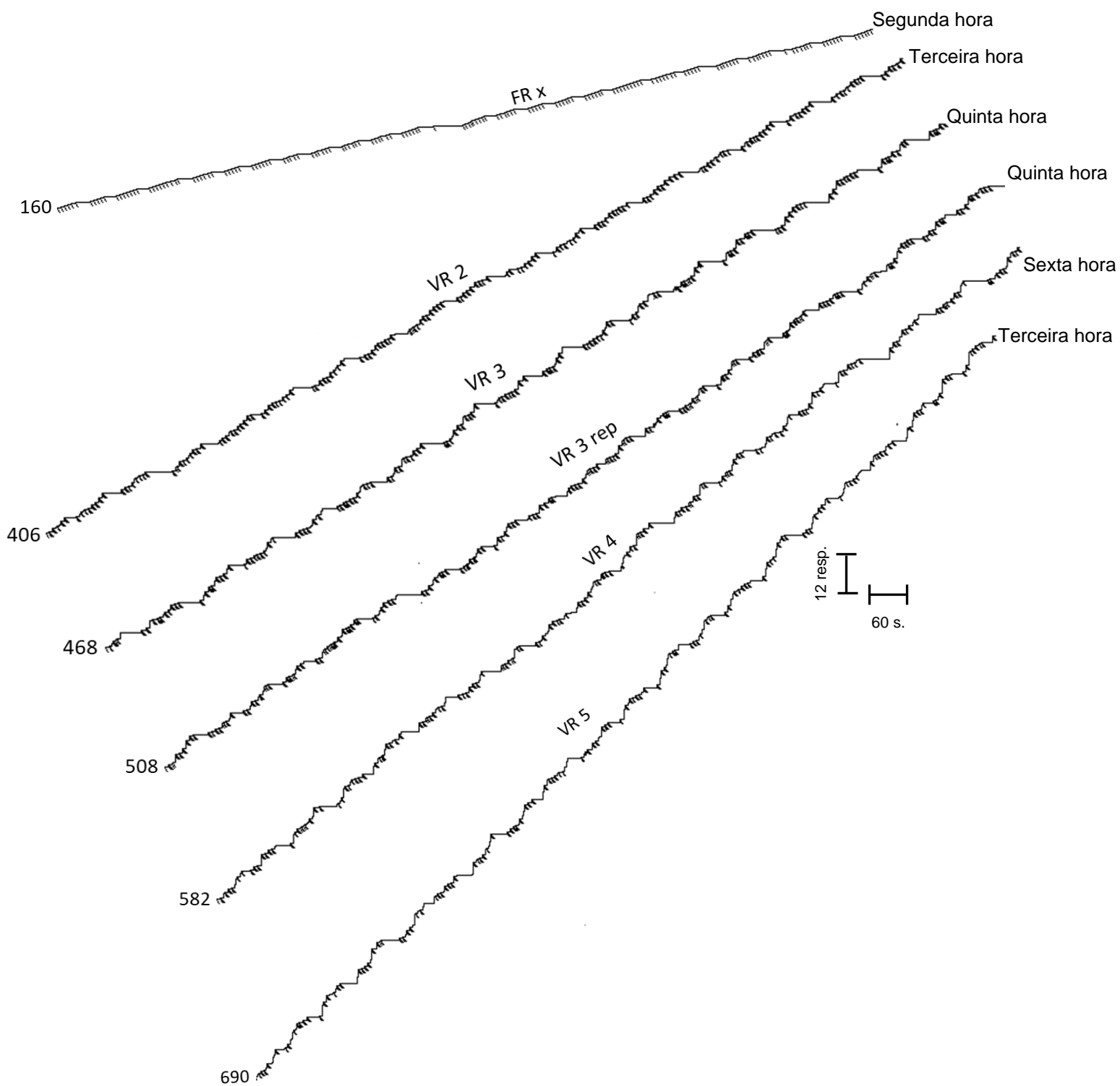
Para exemplificar os padrões do responder sob FR x e sob diferentes tamanhos de razão VR (2, 3, 4 e 5), a Figura 17 apresenta os registros cumulativos de respostas da abelha K2. Os números à esquerda de cada curva indicam o total de respostas emitidas em cada esquema durante o período de 1 hora. À direita é indicada a hora de exposição a cada esquema correspondente a cada curva. A taxa média de respostas no maior tamanho de razão VR 5 foi 12 respostas por minuto e no menor VR 2,7 respostas por minuto. Os registros cumulativos indicam que, de forma geral, à medida que o tamanho da razão aumentava, o número de respostas emitidas pela abelha aumentava. Por exemplo, na VR 2 foram emitidas (406 respostas) e na VR 5 (690 respostas). O número de reforços coletados por visita, indicados pelos traços oblíquos ao longo das curvas cumulativas foi de aproximadamente, 5 a 9 reforços no FR x; 8 a 10 nas VR (2 e 3) e na segunda exposição à VR 3; 6 a 7 na VR 4 e 6 a 8 na VR 5, indicando que o número de reforços obtidos por

visita manteve-se aproximadamente constante entre as diferentes condições experimentais (Figura 17).

Na segunda exposição a VR 3, o número de respostas (508) aumentou um pouco em relação à primeira exposição (468), possivelmente pelo efeito de história de exposição aos tamanhos de razão maiores VR (4 e 5), nos quais a abelha respondia em altas taxas. As curvas cumulativas demonstram formato de aceleração positiva, com altas e constantes taxas de respostas, padrão típico do responder em esquema VR observado com outras espécies de animais (e. g., ratos e pombos). Os registros indicam, por outro lado, alguns intervalos longos que se referiam ao tempo de viagem da abelha do aparato à colmeia (e *vice-versa*), o que durava em torno de 60 s e alguns intervalos mais curtos entre reforços que se referiam às possíveis pausas após os reforços. Registros do responder de outros animais indicam pausas entre reforços muito curtas ou inexistentes no esquema VR. Para alcançar estabilidade, a abelha (K2) precisou de 2 horas no FR x e (6, 14, 8 e 3 h), respectivamente, nas VR (2, 3, 4 e 5) e foi exposta a repetição da VR 3 por 17 horas. Os registros cumulativos do FR x e da VR 5 são os únicos que se referem às sessões de estabilidade, os demais referem-se as horas entre meio e final de exposição à cada esquema. Nota-se o padrão de responder consistente mesmo em sessões que não eram de estabilidade (Figura 17).

Figura 17

Registros Cumulativos de Respostas da Abelha K2 sob Esquema FR x e sob Esquema de Razão Variável (VR)



Discussão

Este estudo objetivou verificar a aprendizagem de deslocar uma alavanca e sua manutenção sob parâmetros do esquema de razão variável (VR) em abelhas sem ferrão. Para tanto foi construído um aparato automatizado munido de uma alavanca e bebedouro adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). O procedimento consistiu em expor as abelhas a diferentes tamanhos de Razão Variável VR (2, 3, 4 e 5) e mensurar a taxa de respostas de deslocamento da alavanca emitidas pela abelha em cada tamanho da VR, posteriormente, abelhas foram reexpostas a um único tamanho de Razão Variável (VR 3) para verificar longitudinalmente a manutenção do responder na VR.

Todas as oito abelhas do estudo aprenderam a resposta de deslocar uma alavanca para 10 s de acesso ao alimento (solução açucarada concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*). As análises das taxas de respostas (Figuras 11, 12 e 13), mostraram que a taxa foi uma função direta do tamanho da razão, com a taxa aumentando linearmente à medida que o tamanho da razão aumentava para as abelhas que completaram o procedimento. Nas sessões de manutenção em VR 3, as taxas das abelhas foram similares às obtidas na VR 3 a que foram expostas ao longo da modelagem ao esquema e foram mantidas estáveis, indicando a manutenção do responder no esquema VR (Tabela 3 e Figura 14).

Os resultados replicaram os tipicamente observados em esquemas VR em estudos com outras espécies de animais onde é observado um padrão do responder com altas e constantes taxas de respostas, com aumento da taxa à medida que ocorre o aumento no tamanho da razão, ocorrendo a distensão da razão em tamanhos elevados. Por exemplo, estudos atestaram a distensão da razão na VR (200, 360) em pombos e na VR (50, 60) em ratos (Baum, 1993; Bizo & Killeen, 1997; Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957).

No presente estudo, as abelhas não foram expostas a tamanhos de razão maiores que 5, assim, não foi possível investigar em que tamanho de razão ocorreria a distensão da razão. Estudos futuros poderiam investigar essa questão. Por outro lado, as abelhas demonstraram o responder consistente em pequenos tamanhos de razão VR (2, 3, 4, 5), alcançando rapidamente estabilidade na VR 5.

Tendo em vista que a abelha melipona precisa de em média 30 s de acesso ao xarope para o total preenchimento de sua vesícula melífera (Moreno et al., 2012; Moreno et al., 2014; Penha & de Souza, s.d.; Pessotti, 1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972; Pessotti & Carli-Gomes, 1981a; Pessotti & Lé'Sénéchal, 1981b; Scienza et al., 2019), a quantidade de xarope coletada a cada visita e depositada na colmeia é em torno de 30 s, independentemente do tamanho da VR em vigor, este fenômeno talvez pudesse explicar a constância das visitas entre os diferentes tamanhos de razão variável, com o número de visitas variando entre abelhas, porém, entre condições, para cada abelha individualmente, permanecendo relativamente constante (Tabela 3). Esse mesmo padrão também poderia explicar as taxas de reforços (Figuras 15 e 16) relativamente constantes entre as diferentes condições.

Em outros animais (e. g., pombos e ratos) o responder em VR gera pausas pós reforço curtas ou inexistentes, com responder constante durante toda a sessão (Ferster & Skinner, 1957). No presente estudo, há dois tipos de intervalos entre reforços (i. e., pausa após o reforço e o tempo de viagem da abelha de ida e volta da colmeia ao aparato), sendo que nos intervalos maiores entre os reforços, a pausa pós reforço estava contida no tempo de viagem de ida e volta da colmeia ao aparato experimental como demonstram as curvas acumuladas (Figura 17). Porém, o equipamento e o programa não estavam preparados para registrar e diferenciar entre estes dois tipos de intervalos, o que impossibilitou o cálculo deles. Esta limitação do equipamento e programa poderia ser trabalhada em

estudos futuros com a inclusão de fotocélulas no equipamento que pudessem registrar o tempo que a abelha realmente pausava após o reforço, o que possibilitaria uma medida fidedigna das pausas pós reforço e, conseqüentemente do cálculo do tempo de viagem de ida e volta da colmeia ao aparato retirando a pausa pós reforço contida no tempo de viagem.

Outra limitação deste estudo foi utilizar uma amostra reduzida de sujeitos experimentais, tendo em vista que das oito abelhas, apenas cinco completaram o procedimento. A replicação com uma amostra maior de sujeitos (e ainda com abelhas de outras espécies) poderia proporcionar maior generalização dos dados (Sidman, 1960). Neste estudo, o critério de 10% de variação sobre a taxa média dos últimos intervalos de 15 min demonstrou ser uma medida exigente do desempenho da abelha, já que ela alcançava o critério, mas após longas horas de ensino. Com o intuito de economizar tempo, considerando que a vida da abelha é curta (em torno de 60 dias) (Nogueira Neto, 1997) e que há a necessidade de ela cumprir todas as etapas do procedimento, em estudos futuros poderia ser viável utilizar um critério menos exigente, talvez de 15%, sem prejuízo no desempenho da abelha.

Outra questão refere-se aos intervalos de 15 minutos finais de cada hora, em que era observada a estabilidade do responder. Em alguns momentos ao terminar a sessão de 1 hora, nos minutos finais, a abelha não havia voltado ainda para o equipamento ou havia ido para a colmeia há pouco tempo, desta forma a taxa ficava baixa nos últimos 5 minutos em relação aos 10 minutos anteriores, o que dificultava que ela atingisse os critérios de estabilidade e mudasse de condição, precisando de mais horas de ensino. Em estudos futuros poderia ser viável excluir os 15 minutos finais do cálculo da estabilidade e considerar os 15 minutos anteriores. Outra possibilidade poderia ser o cálculo da

estabilidade considerando a taxa de respostas geral das três últimas horas (sessões) de coleta.

Outra limitação diz respeito a não ter sido possível o cálculo do tempo de consumo do reforço. O tempo de consumo é calculado multiplicando-se o número de reforços obtidos pela duração do reforço. Para o cálculo da taxa de respostas, divide-se o número das respostas emitidas pelo tempo da sessão (neste caso cada intervalo de 5 minutos) subtraído o tempo de consumo do reforço. Por uma limitação do programa, o tempo de consumo do acesso ao xarope continuava contando mesmo quando a abelha tivesse voado para a colmeia e o bebedouro não estivesse mais disponível.

Uma abelha melipona precisa de em média 30 s de acesso ao xarope para preencher a vesícula melífera, mas pode ocorrer de esporadicamente ela consumir um pouco mais ou um pouco menos. Assim, em um esquema FR x com 30 s de tempo de acesso ao xarope, se uma abelha consumisse 33 s, por exemplo, ela consumiria 30 s mais 3 s, mas acontecia de os 27 s não consumidos continuarem contando como tempo de acesso consumido, mesmo quando o bebedouro estivesse abaixado (i. e., não disponível). Assim, por vezes o tempo de consumo era, inclusive, maior que o tempo da abelha na colmeia; quando isto ocorria, ao calcular a taxa retirando-se o tempo de consumo, a medida ficava negativa. Uma forma de solucionar o problema, possivelmente, seria colocar uma fotocélula no bebedouro para que o tempo de acesso ao xarope contasse apenas quando a abelha estivesse presente no bebedouro consumindo o alimento, possibilitando uma medida fidedigna do tempo de consumo. Outras medidas de análises de dados também poderiam ter sido realizadas como a análise de pausas pós reforço (conforme solucionado o problema do equipamento/programa relatado acima) e as análises excluindo o tempo da abelha na colmeia a cada 5 minutos ou 15 minutos de sessão.

Apesar das limitações, o objetivo de investigar a aprendizagem operante de deslocamento de um *operandum* (alavanca) por meliponas e sua manutenção sob o esquema VR foi alcançado. Além de permitir descrever a aprendizagem das abelhas sob este tipo de esquema intermitente, o aprimoramento do equipamento contribuiu para desenvolver e avaliar um protocolo experimental que poderá ser empregado para estabelecer uma linha de base de comportamento estável para estudos dos efeitos de outras variáveis (e.g., efeitos de agrotóxicos) e de outros processos, como a aprendizagem discriminativa.

Experimento 3: Efeito do Tamanho do Intervalo Variável (VI) sobre a Taxa de Respostas em Abelhas sem Ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)

Resumo

A aprendizagem operante de abelhas pode contribuir para elucidar princípios de aprendizagem. Este estudo verificou a aprendizagem da resposta de deslocar uma alavanca e sua manutenção sob parâmetros do esquema de intervalo variável (VI). Para esta finalidade foi construído um equipamento automático munido de uma alavanca e bebedouro adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). Foram utilizadas 12 abelhas sem ferrão, da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colmeia. O procedimento incluiu a modelagem do deslocamento da alavanca e a modelagem sob o esquema de VI 10 s. A partir da linha de base estável em VI 10 s, foi realizada a manipulação paramétrica do tamanho do VI, em ordem crescente, até VI 30 s ou VI 40 s, com critérios de estabilidade para mudança de fase. Duas abelhas-controle foram reexpostas a VI 15 s e VI 30 s para verificação de replicabilidade. Todas as abelhas aprenderam a resposta operante e quatro completaram a manipulação paramétrica. A taxa de respostas aumentou monotonicamente com o tamanho do VI e foi replicada entre as abelhas-controle. Os resultados replicaram os tipicamente observados sob VI em estudos com outras espécies de animais. A manutenção das respostas das abelhas sob esquema intermitente permite empregar esse comportamento como linha de base para a investigação experimental do efeito de outras variáveis comportamentais e ambientais.

Palavras-chave: abelhas (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), aprendizagem operante, aparato automatizado, esquema de Intervalo Variável (VI), resposta de deslocamento de alavanca.

Experiment 3: Effect of Variable Interval Size (VI) on Response Rate in Stingless Bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*)

Abstract

Operant learning of bees can contribute to elucidating learning principles. This study verified the learning of the response of moving a lever and its maintenance under parameters of the Variable Interval (VI) schedule. To this end, an automatic equipment was built equipped with a lever and feeder, adapted from the equipment developed by Pessotti (1969). Twelve stingless bees of the species *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentally naïve and from the same hive were used. The procedure included shaping the response of moving the lever and shaping the responding under the VI 10 s schedule. After the stable baseline at VI 10 s, parametric manipulation of the VI size was performed, in ascending order, up to VI 30 s or VI 40 s, with stability criteria for phase change. Two control bees were re-exposed to VI 15 s and VI 30 s for replicability. All bees learned the operant response and four completed the parametric manipulation. The response rate increased monotonically with the VI size and was replicated among the control bees. The results replicated those typically observed under VI in studies with other animal species. The maintenance of bee responses under an intermittent schedule allows us to use this behavior as a baseline for the experimental investigation of the effect of other behavioral and environmental variables.

Keywords: automated apparatus, bees (*Melipona quadrifasciata anthidioides*), response of moving the lever, operant learning, Variable Interval (VI) schedule.

Nos esquemas de reforços intermitentes de intervalo variável (VI), o reforço é disponibilizado após o intervalo programado desde a última resposta reforçada e da emissão de uma única resposta após o intervalo; respostas que ocorram antes do final do intervalo não produzem a consequência programada. O intervalo médio é calculado a partir de uma lista de intervalos que variam em unidades regulares acima e abaixo da média; por exemplo, um VI 30 s pode ser composto pela seguinte lista, em segundos, que depois é sorteada, de modo que os diferentes intervalos entre reforços são distribuídos em uma ordem aleatória ou quase aleatória: 0, 7,5, 15,0, 22,5 30,0, 37,5, 45,0, 52,5, 60,0 (soma = 270,0, média 30 s).

O padrão do responder neste esquema é caracterizado por taxas moderadas de respostas e ausências de pausas pós – reforço. Esquemas VI com altas taxas de reforços (e. g. VI 20 min) produzem taxas de resposta mais altas do que esquemas VI com baixas taxas de reforços (e. g., VI 1 min); no entanto, nos dois casos o responder se distribui de forma relativamente uniforme ao longo do tempo (Catania, 1998; Catania & Reynolds, 1968; Ferster & Skinner, 1957).

No estudo de Catania e Reynolds (Experimento 1, 1968), por exemplo, seis pombos foram ensinados a responder em sete esquemas VI com intervalos médios variando de 12,0 a 427 segundos (300 a 8,4 reforços por hora) para obtenção de 4 s de acesso a um misto de grãos. Os resultados indicaram que, em geral, aumentos nas taxas dos reforços propiciaram aumentos nas taxas das respostas, no entanto, as taxas de respostas aumentaram mais rapidamente em baixas taxas de reforços (e. g., 50 reforços por hora) do que em altas taxas de reforços (e. g., 200 reforços por hora) e as taxas de respostas aumentaram monotonicamente (quase se aproximando de uma assíntota) à medida que as taxas de reforços aumentaram. Essa mesma função havia sido obtida com ratos no estudo de Clark (1958) ao relacionar taxa de respostas (respostas por minutos) e

tempo (horas) de privação do reforço. Neste estudo, entretanto, 10 horas de privação do reforço gerou taxa média 4 (respostas por minuto) no esquema VI 3 min e taxa média 13 (respostas por minuto) no esquema VI 1 min.

Essa característica importante do esquema (VI) consiste em produzir uma taxa de reforços relativamente constante para taxas de respostas variáveis. Tendo em vista que o reforçador será apresentado até que ocorra uma resposta após o intervalo de tempo transcorrido, se o intervalo entre respostas (*interresponse time* - IRT) obtido for longo em relação ao intervalo programado entre reforços (*interreinforcement interval* - IRI), a frequência de reforçadores produzidos por respostas será menor que a programada pelo esquema VI. No entanto, os dados obtidos com não humanos (e. g., pombos e ratos) indicam pequenas diferenças entre as taxas de reforços programados e as taxas reais obtidas (Catania, 1998; Catania & Reynolds, 1968; Ferster & Skinner, 1957).

Assim, ao contrário do que ocorre no esquema VR em que a taxa de reforços depende da taxa de respostas, no esquema VI, a taxa de reforços e a taxa de respostas independem relativamente uma da outra. Tendo em vista esta característica e a sua produção de taxas de respostas relativamente constantes, o esquema VI é indicado como linha de base para investigação do efeito de variáveis (e. g., drogas) no comportamento. Outra propriedade deste esquema é produzir decréscimos graduais da taxa de respostas no período de extinção após o reforço, diferente do que ocorre na extinção depois do reforço no esquema VR, caracterizado por pausas e aceleração do responder (*break-and-run*) (Catania, 1998; Catania & Reynolds, 1968; Ferster & Skinner, 1957).

Uma forma de aumentar a taxa de respostas em esquemas de intervalo é acrescentar uma contingência temporal chamada de contenção limitada ou LH (*limited hold*). O LH consiste em restringir a disponibilidade de um reforçador por um período limitado após a passagem do intervalo do VI em vigor; se nenhuma resposta ocorrer neste

período, o reforçador deixa de ficar disponível. Por exemplo, em um VI 1 min, com um LH de 10 s, o reforçador ficaria disponível em até 10 s após a passagem de 60 s. Este tipo de controle experimental mostrou ser eficaz para aumentar a taxa de respostas; no entanto, o LH muito curto permite que poucas respostas sejam reforçadas, e, portanto, o esquema deixa de manter o responder (Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957, Hearst, 1958).

O efeito dos esquemas de intervalo variável no comportamento foi investigado em inúmeros estudos com animais não humanos que se comportavam individualmente (Baum, 1993, Baum & Grace 2020; Catania & Reynolds, 1968) e que cooperavam para receber o reforço mútuo (e. g., dos Santos et al., 2023). O padrão do responder em invertebrados tem sido investigado por alguns estudos (Pessotti, 1965a; Grossmann, 1973; Sokolowski, 2010), no entanto, até o momento nenhum estudo investigou a aprendizagem em abelhas sob o esquema VI.

Objetivo

Verificar a aprendizagem da resposta de deslocar uma alavanca (*operandum*) e sua manutenção sob parâmetros do esquema de intervalo variável (VI) em abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata anthidioides*).

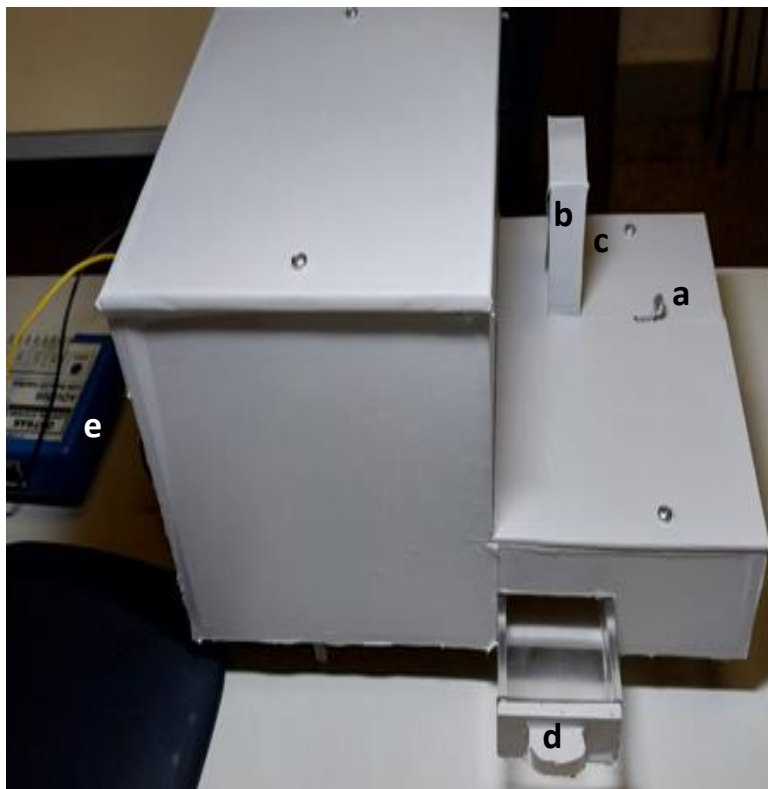
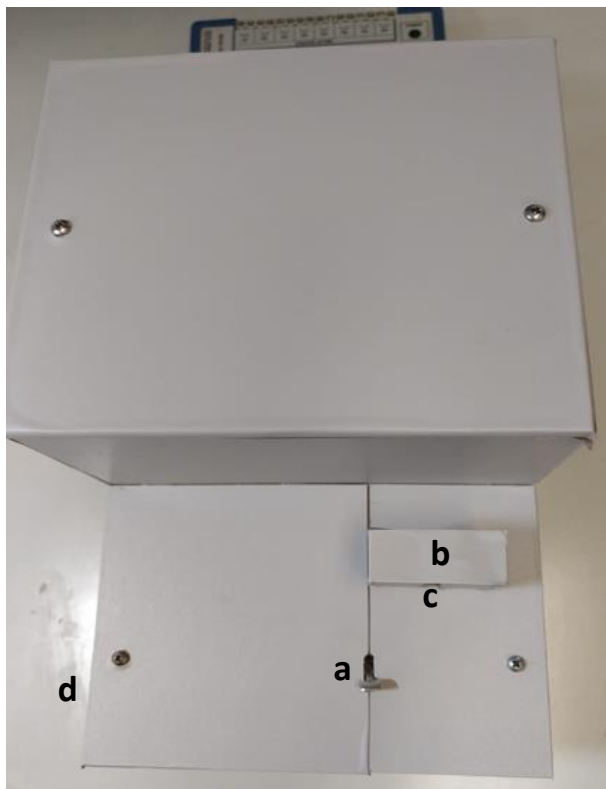
Método

Equipamento

Foram utilizados dois aparatos automatizados. O Aparato 1 foi o mesmo utilizado no Experimento 2 (Figuras 9 e 19). Com o intuito de aprimorar o mecanismo da barra do Aparato 1, foi construído um novo equipamento (Aparato 2) (Figuras 18 e 20) que era similar ao Aparato 1, no entanto, era composto por uma alavanca (*operandum*) confeccionada em material de alumínio, enquanto a alavanca do Aparato 1 era feita em latão. Apesar de feitas em materiais diferentes, as duas alavancas tinham o mesmo formato, dimensões, altura e peso (descritos no Experimento 2). Outra diferença refere-se ao mecanismo de funcionamento da alavanca. A alavanca do Aparato 2 era presa por uma mola que tinha a função de voltá-la para a posição inicial após o deslocamento, enquanto a alavanca do Aparato 1 funcionava como um “pêndulo”: a alavanca voltava para a posição inicial de acordo com a força exercida na parte superior desta (conforme descrito no Experimento 1). O mecanismo eletrônico de funcionamento (Figura 10), bem como os registros do tempo de visita e eventos experimentais eram similares entre os dois aparatos e foram descritos nos Experimentos 1 e 2. Neste estudo foram coletados dados de 8 abelhas no Aparato 1 e dados de 4 abelhas no Aparato 2 sob esquemas de Intervalo Variável (VI).

Figura 18

Vista Superior (Imagem à Esquerda) e Vista Lateral (Imagem à Direita) da Caixa Experimental em Material Acrílico e seus Componentes, Encapada com Papel Contact Cinza (Adaptada de Pessotti, 1969) (Aparato 2)



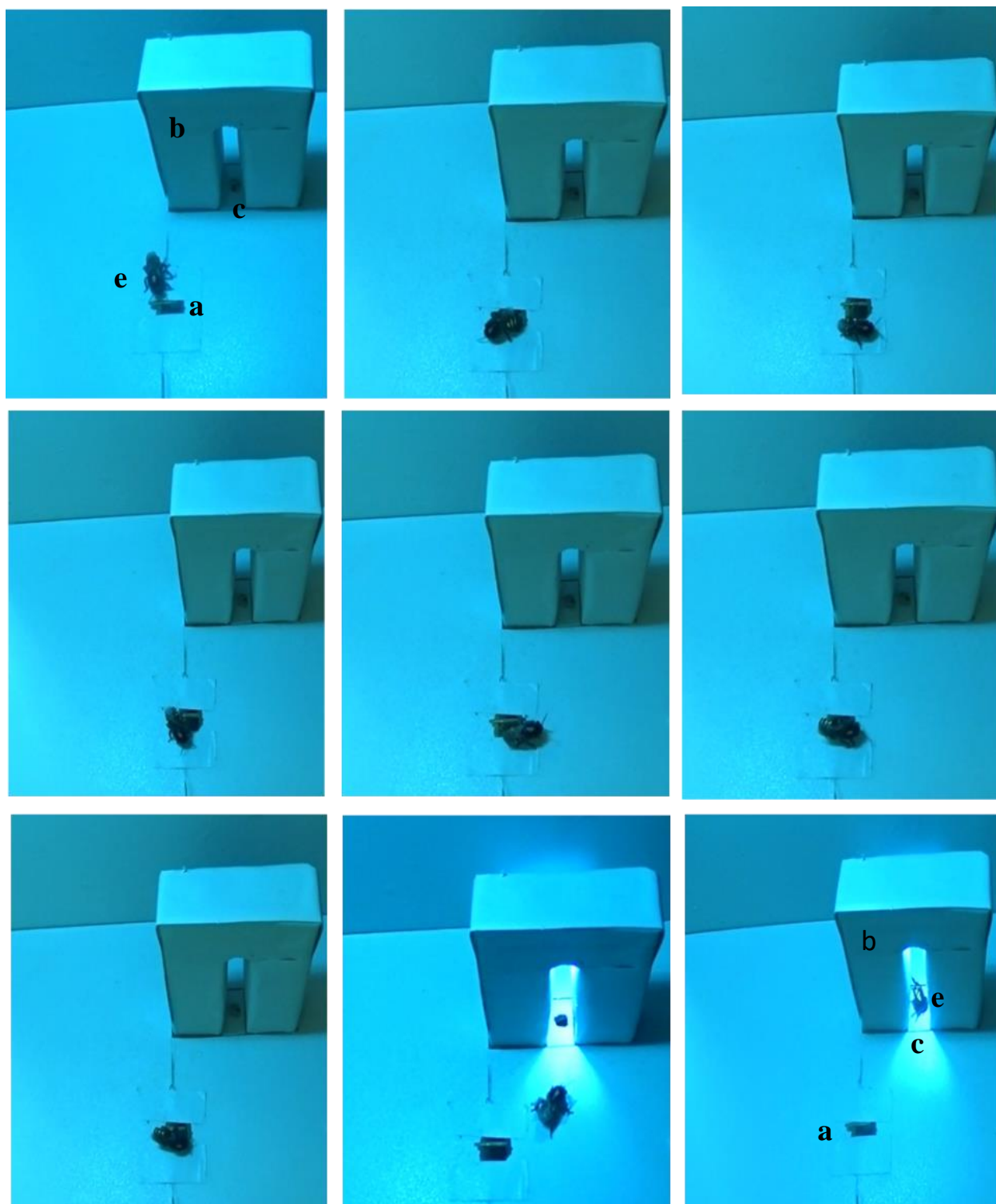
Nota. Fotografia do equipamento pela autora.

Legenda

- a) Barra de alumínio que quando deslocada acionava o mecanismo eletrônico
- b) Torre de célula fotoelétrica com LED de luz branca
- c) Orifício do bebedouro
- d) Recipiente de xarope removível com puxador
- e) Placa de interface modelo ADU208 USB Relay I/O

Figura 19

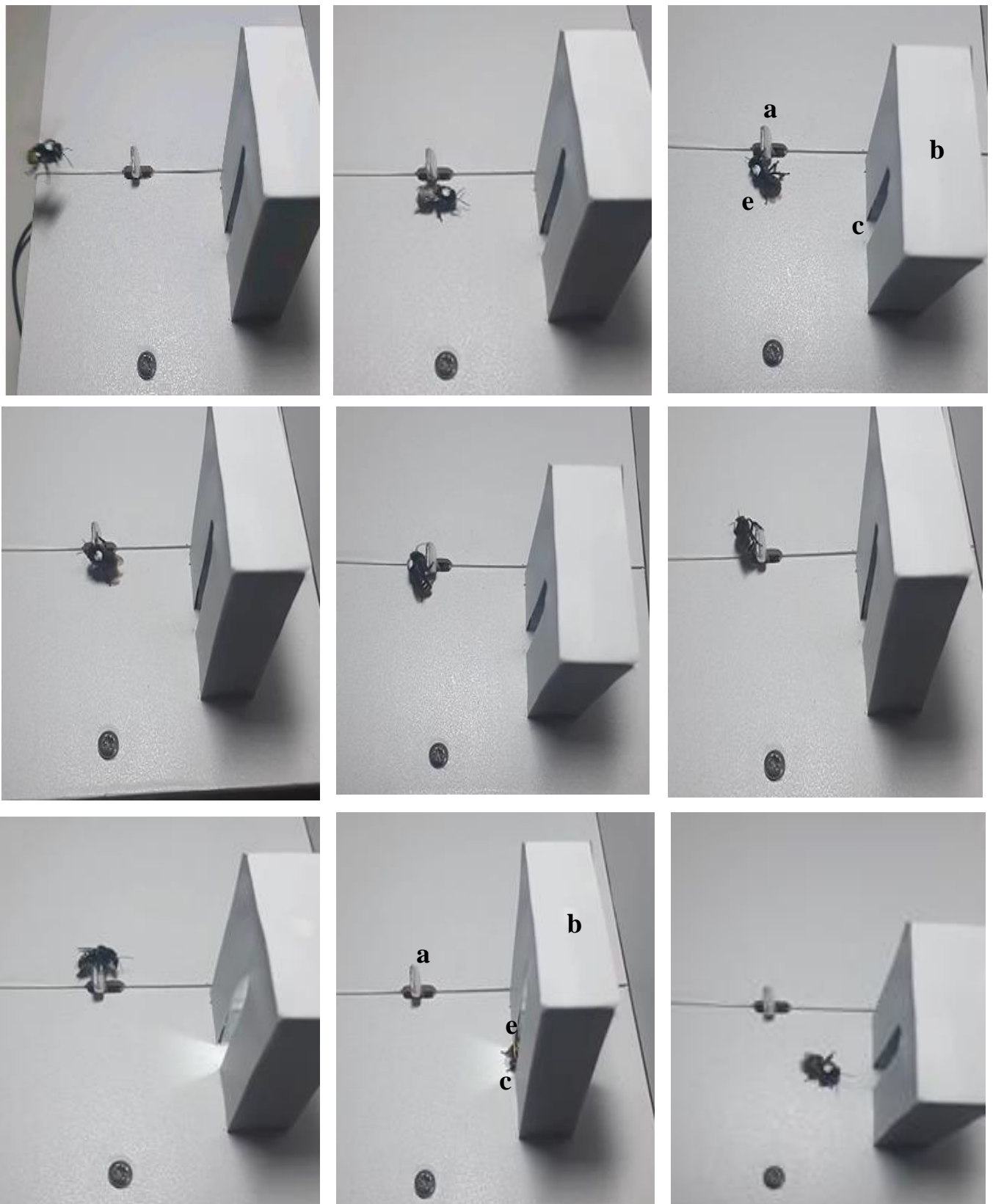
Vista Frontal do Aparato 1 com Diferentes Topografias de Respostas da Abelha (e) Deslocando a Alavanca (a) e no Bebedouro (c) sob Esquema de Intervalo Variável (VI) 30 s



Nota. Fotografia do equipamento pela autora. Notar a abelha (e) deslocando a alavanca feita em latão (a) e sugando xarope no bebedouro (c) localizado dentro da torre de LED de luz branca (b). A coloração azulada da fotografia é uma característica da câmera fotográfica e de filmagem Sony Handycam DCR-SR20, o ambiente experimental era iluminado artificialmente por uma lâmpada de flúor de 32 watts.

Figura 20

Vista Lateral do Aparato 2 com Diferentes Topografias de Respostas da Abelha (e) Deslocando a Alavanca (a) e no Bebedouro (c) sob Esquema de Intervalo Variável (VI) 30 s



Nota. Fotografia do equipamento pela autora. Notar a abelha (e) deslocando a alavanca feita em material alumínio (a) e sugando xarope no bebedouro (c) localizado dentro da torre de LED de luz branca (b).

Sujeitos, colmeia e ambiente

Doze abelhas da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*, experimentalmente ingênuas e provenientes da mesma colmeia foram sujeitos deste experimento. O ambiente era o mesmo relatado nos Experimentos 1 e 2. A temperatura da sala variou entre 19 e 26°C. Quando a temperatura estava abaixo de 19°C era colocado um aquecedor próximo ao aparato experimental a fim de manter a temperatura em torno de 26°C.

Procedimento

Identificação do sujeito, Modelagem do Pouso Sobre o Aparato e Modelagem da Resposta de Sugar no Bebedouro

A identificação do sujeito, modelagem do pouso sobre o aparato e modelagem da resposta de sugar no bebedouro foram conduzidas como descrito nos Experimentos 1 e 2.

Modelagem da resposta de deslocamento da alavanca

Esta etapa foi iniciada depois que a abelha estivesse voando sistematicamente à caixa experimental e aprendido a coletar xarope no bebedouro, como descrito no Experimento 2.

Ensino e manutenção do comportamento sob intervalo variável

O ensino era iniciado no esquema FR x com xarope disponível por 10 s. Após alcançado critérios de estabilidade (ver descrição dos critérios de estabilidade no próximo tópico), iniciava-se a manipulação do esquema de Intervalo Variável (VI) mantendo a disponibilidade do xarope por 10 s. Foram utilizados os valores médios (10, 15, 20, 25, 30 e 40 s) de VI, calculados pela fórmula de Fleshler e Hoffman (1962) para o esquema de intervalo variável (VI). Para cada tamanho de intervalo variável havia uma lista de 11 valores. Cada tamanho de VI apresentava em sua lista um valor de VI 1 s, de modo que a primeira resposta tivesse alta probabilidade de produzir o acionamento do bebedouro. A

lista era reproduzida até o valor 45 (reforços), após o qual os valores eram repetidos e era distribuída de forma randômica.

As sessões experimentais duravam em torno de 5 horas de coleta diária. Cada hora era subdivida em intervalos de 5 minutos para cálculo da taxa de respostas em blocos de 5 minutos. Foram utilizadas as últimas 3 horas de cada condição para a observação dos critérios de estabilidade, por meio dos quais era averiguada a estabilidade do responder para a mudança de condição. Cada abelha era submetida ao experimento individualmente, até completar todas as condições programadas; só então era iniciada a fase experimental com uma outra abelha. A análise da taxa de respostas era realizada intrasessão; assim ao término de cada hora, o programa era encerrado e os dados coletados eram analisados em outro computador, com o intuito de verificar a estabilidade. Neste intervalo, a abelha permanecia trabalhando no mesmo esquema por no máximo 10 minutos (período em que ocorria a análise), após os quais era novamente encerrado o programa e iniciado o programa no valor de VI correspondente a depender dos critérios de estabilidade alcançados.

Crêterios de Estabilidade

Os cr terios de estabilidade correspondiam ao mínimo de 3 horas de ensino no esquema FR x e em cada valor do esquema VI; varia o em torno de 10% e inspe o visual com ausência de tendência crescente ou decrescente da taxa média de respostas das três últimas horas de cada condi o e inspe o visual dos registros cumulativos. A inspe o do registro cumulativo possibilitou averiguar a consistência e sistematicidade do responder, representada pelo número de respostas e reforos similares em cada visita e pela constância dos intervalos entre as visitas.

Esquentamento

Após o ensino da modelagem da resposta de deslocamento da alavanca, a abelha era exposta por uma hora ao esquema FR x com duração do reforço de 30 s. Diariamente, depois de iniciada a exposição ao VI e enquanto o procedimento estivesse em vigor, a sessão era iniciada com a razão pequena: 15 min com reforço de 30 s, seguidos por 15 min com reforço de 10 s. Depois dessa meia hora inicial, era retomado o esquema de intervalo variável (VI).

Resultados

A Tabela 5 mostra o número de sessões a cada uma hora para cada abelha por condição experimental. Os dados das abelhas A1 a A8 foram coletados no Aparato 1 e os dados das abelhas A9 a A12) no Aparato 2. Para alcançar os critérios de estabilidade, de modo geral, as abelhas precisaram em média de 3,2 sessões de 1 hora, variando de 3 sessões (mínimo) no FR x e 20 sessões (máximo) no VI 20 s. As abelhas precisaram de três a cinco sessões no esquema FR x; de cinco a 14 sessões no esquema VI 10 s; de sete a 14 sessões no VI 15 s; de cinco a 20 sessões no VI 20 s; 12 sessões no VI 25 s; de 13 a 18 sessões no VI 30 s e de 16 sessões no VI 40 s. Para investigar a replicabilidade e manutenção no esquema de intervalo variável, após alcançar os critérios de estabilidade no VI 30 s, duas abelhas (A4 e A5) foram reexpostas ao VI 15 s (20 e 22 sessões) e ao VI 30 s (três e oito sessões), respectivamente.

Por não alcançar estabilidade no VI 15 s após 14 sessões e apresentar deterioração do responder caracterizado por longos períodos de intervalo antes do retorno ao aparato, a abelha A6 foi reexposta ao VI 10 s por seis sessões e após alcançar estabilidade, e reexposta ao VI 15 s por cinco sessões, quando não retornou mais ao aparato experimental. Por outro lado, a abelha A9 alcançou estabilidade após 20 sessões no VI 20 s, porém apresentou deterioração do responder ao ser exposta ao VI 30 s por duas

sessões, por este motivo foi reexposta ao VI 20 s por 8 sessões, quando alcançou estabilidade e foi novamente exposta ao VI 30 s por 13 sessões (Tabela 5).

De modo geral, não foram observadas diferenças relevantes no número de sessões para o alcance de estabilidade nos dois aparatos. Para o esquema FR x, variou de 3 (mínimo) à 5 (máximo) sessões nos dois aparatos. Para VI 10 s, de 5 (mínimo) à 14 (máximo) no Aparato 1 e de 6 (mínimo) à 11 (máximo) no Aparato 2. No VI 15 s, de 12 (mínimo) à 14 (máximo) no Aparato 1 e de 7 (mínimo) à 11 (máximo) no Aparato 2. Para o VI 20 s variou entre 5 (mínimo) e 17 (máximo) no Aparato 1 e em torno de 28 (20 primeira e 8 segunda exposições, respectivamente) no Aparato 2. No VI 30 s, entre 13 (mínimo) e 18 (máximo) (Aparato 1) e 13 sessões (Aparato 2) (Tabela 5).

A taxa de respostas (R/min) foi calculada somando-se o número de respostas obtidas em cada período de 1 hora dividido por 60 min. A taxa média de respostas corresponde à soma das taxas obtidas nas três sessões de estabilidade, dividida por três. As Figuras 21 e 22 apresentam a taxa de respostas e a taxa média de respostas e desvio padrão da média, respectivamente, em períodos de 1 hora (sessões de estabilidade) sob FR x e sob cada tamanho de intervalo variável (VI) até VI 30 s ou VI 40 s. Na parte superior da figura estão indicados os tamanhos dos intervalos. Três de oito abelhas (A2, A4 e A5, Aparato 1) e uma de quatro abelhas (A9, Aparato 2) completaram todo o procedimento, sendo expostas a todas as etapas experimentais.

Tabela 5*Número de Sessões (1 Hora) para Cada Abelha no Esquema FR x e em Cada Tamanho do VI*

Número de Sessões													
Abelhas	FR x	Tamanhos do Intervalo Variável (s)										Média	
		10	15	20	25	30	40	10 ^a Rep	15 Rep	20 Rep	30 Rep		
A1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4
A2	3	5	-	5	-	13	16	-	-	-	-	-	3,8
A3	3	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5
A4	4	8	12	17	12	18	-	-	22	-	8	-	9,2
A5	3	14	14	11	-	16	-	-	20	-	3	-	7,4
A6^b	5	10	14	-	-	-	-	6	5	-	-	-	3,6
A7	4	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6
A8	4	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
A9^c	5	6	7	20	-	2*	-	-	-	8	13	-	5,5
A10	4	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
A11	4	10	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3
A12	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9
Média	3,9	9,2	4,8	4,4	1,0	4,1	1,3	0,5	3,9	0,7	2,0	-	3,2

Nota. ^a Rep indica repetição da condição, para verificar a replicabilidade. ^b A abelha (A6) não apresentou estabilidade no VI 15 s após 14 sessões e apresentou deterioração do responder, por isto foi reexposta ao VI 10 s por seis sessões e ao alcançar estabilidade novamente ao VI 15 s por cinco sessões, porém não retornou mais ao aparato experimental. ^c * Após 20 sessões no VI 20 s, a abelha (A9) alcançou estabilidade, porém apresentou deterioração do responder ao ser exposta por 2 sessões ao VI 30 s. Por este motivo, foi reexposta ao VI 20 s por 8 sessões e ao alcançar estabilidade novamente foi exposta ao VI 30 s por 13 sessões quando alcançou estabilidade.

Na Figura 21, os círculos e triângulos preenchidos correspondem à taxa de visitas, onde o tempo de retorno da abelha à colmeia foi excluído e os círculos e triângulos vazios referem-se à taxa total que inclui o tempo de retorno da abelha à colmeia. De modo geral, observa-se que para todas as abelhas expostas ao VI, a taxa de respostas foi uma função direta do tamanho do intervalo. Isto é, à medida que o tamanho do intervalo aumentava, a taxa de respostas aumentava. A taxa no FR x variou entre, aproximadamente, 1,0 R/min e 3,0 R/min nos dois aparatos. Para o VI 30 s, houve uma diferença substancial entre as taxas nos dois Aparatos. No Aparato 1, a taxa ficou entre, aproximadamente, 10,0 R/min e 20,0 R/min (taxa total) e entre, aproximadamente, e 15,0 R/min e 30,0 R/min (taxa de visitas).

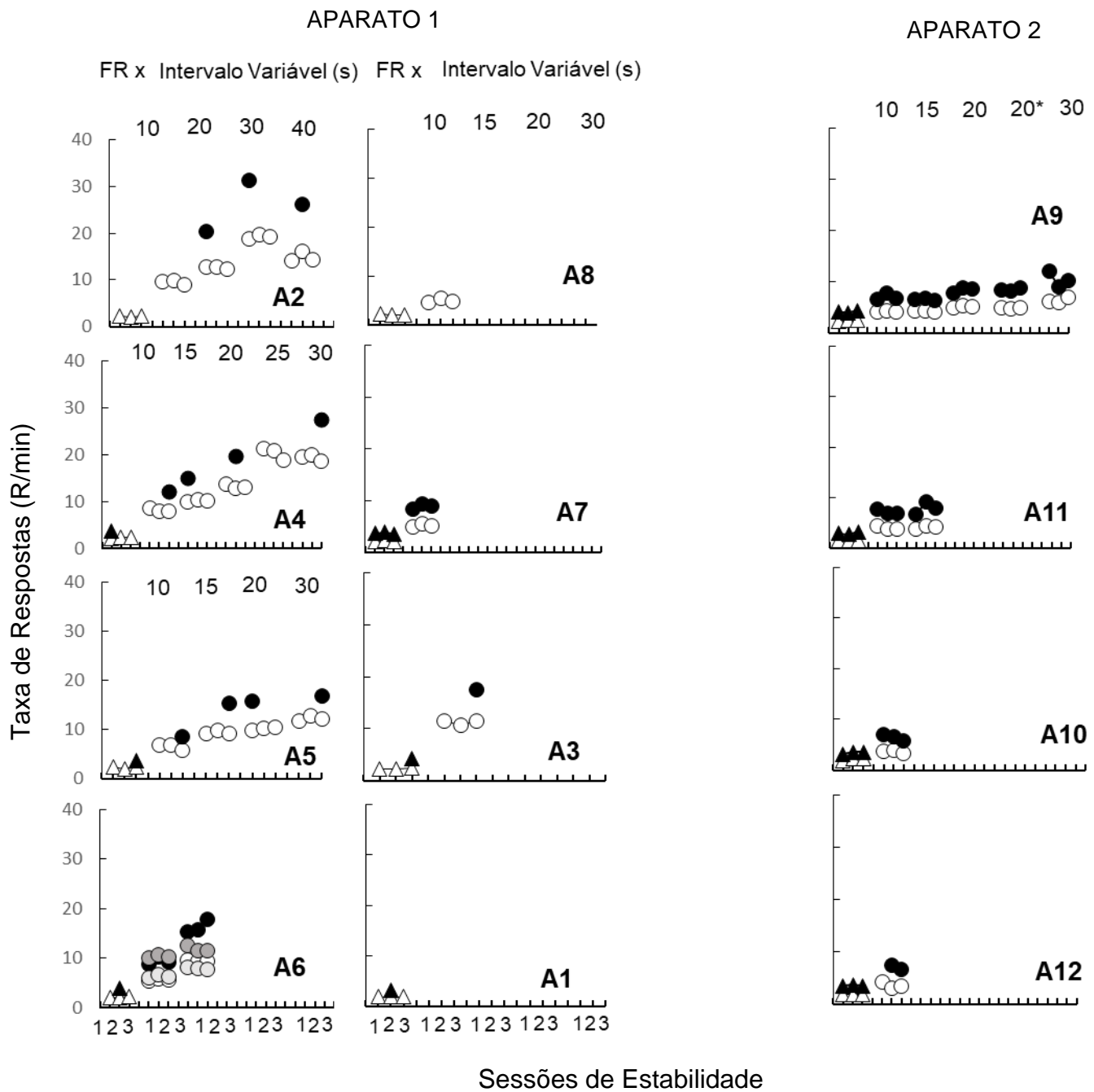
No Aparato 2, a taxa ficou entre, aproximadamente, 6,0 R/min e 7,0 R/min (taxa total) e entre 9,0 R/min e 12,0 R/min (taxa de visitas). Para a única abelha (A2) exposta ao VI 40 s, a taxa foi um pouco menor comparada ao VI 30 s, aproximadamente, entre 10,0 R/min e 15,0 R/min (taxa total) e em torno de 25,0 R/min (taxa de visitas). A fim de evitar a deterioração do responder, abelha A6 foi reexposta aos VI (10 e 15 s), sendo observada a replicação da taxa da primeira exposição a estes tamanhos de VI, representada pelos círculos cinza-claros (Taxa Total), a taxa variou entre 8,0 R/min e 9,0 R/min. Com relação à Taxa de Visitas (círculos cinza-escuros) houve a replicação da taxa para o VI 10 s, em torno de 10,0 R/min, porém para o VI 15 s a Taxa de Visitas foi levemente inferior na replicação, aproximadamente 10,0 R/min comparada à primeira exposição, aproximadamente 17,0 R/min (terceira sessão). A abelha A9 foi reexposta ao VI 20 s pois ao iniciar no VI 30 s apresentou deterioração do responder caracterizado por períodos de grandes intervalos antes do retorno ao equipamento (Figura 21).

A Figura 22 mostra a taxa média total de respostas (R/min) das 12 abelhas e o desvio padrão da média sob FR x e sob cada tamanho do VI. A taxa média de visitas não foi calculada pois não houve o registro dos tempos de visita em todas as sessões de estabilidade, o que impossibilitou o cálculo da taxa média de visitas. Replicando o que foi apresentado na Figura 21, a taxa de respostas aumentou à medida que aumentou o tamanho do VI (relação direta). A relação foi a mesma para ambas as taxas, a taxa no FR x variou entre, aproximadamente, 1,0 R/min e 3,0 R/min nos dois Aparatos. No VI 30 s, variou entre, aproximadamente, 10,0 R/min e 20,0 R/min (Aparato 1) e entre, aproximadamente, 6,0 R/min e 7,0 R/min (Aparato 2). O desvio padrão das taxas foi pouco pronunciado em ambos os Aparatos, não havendo diferenças dos desvios entre as condições. A abelha A6 replicou a taxa média total ao ser reexposta aos VI (10 e 15 s), aproximadamente 9,0 R/min (VI 10 s) e 10,0 R/min (VI 15 s) (círculos cinza-escuros).

A Figura 23 descreve a taxa de respostas (R/minuto) da penúltima hora de cada condição experimental em função do esquema de intervalo variável para as abelhas que completaram pelo menos até a condição VI 15 s. Os triângulos preenchidos representam a taxa de respostas no FR x, os círculos preenchidos correspondem à taxa no esquema VI e os círculos cinza-escuros referem-se à taxa da segunda exposição ao esquema VI. Conforme o que foi observado nas outras duas Figuras (21 e 22), a taxa de respostas aumenta à medida que o tamanho do intervalo variável aumenta (relação direta), sendo essa relação mais pronunciada para as abelhas do Aparato 1 (A2, A4 e A5) em comparação às abelhas (A9 e A11) do Aparato 2. Foi possível observar a replicação da taxa de respostas aos mesmos níveis da primeira exposição aos esquemas VI 10 s (5,0 R/min, abelha A6), VI 15 s (10,0 R/min, abelhas A4 e A5 e 5,0 R/min, abelha A6) e VI 30 s (20,0 R/min, abelha A4 e 10,0 R/min, abelha A5).

Figura 21

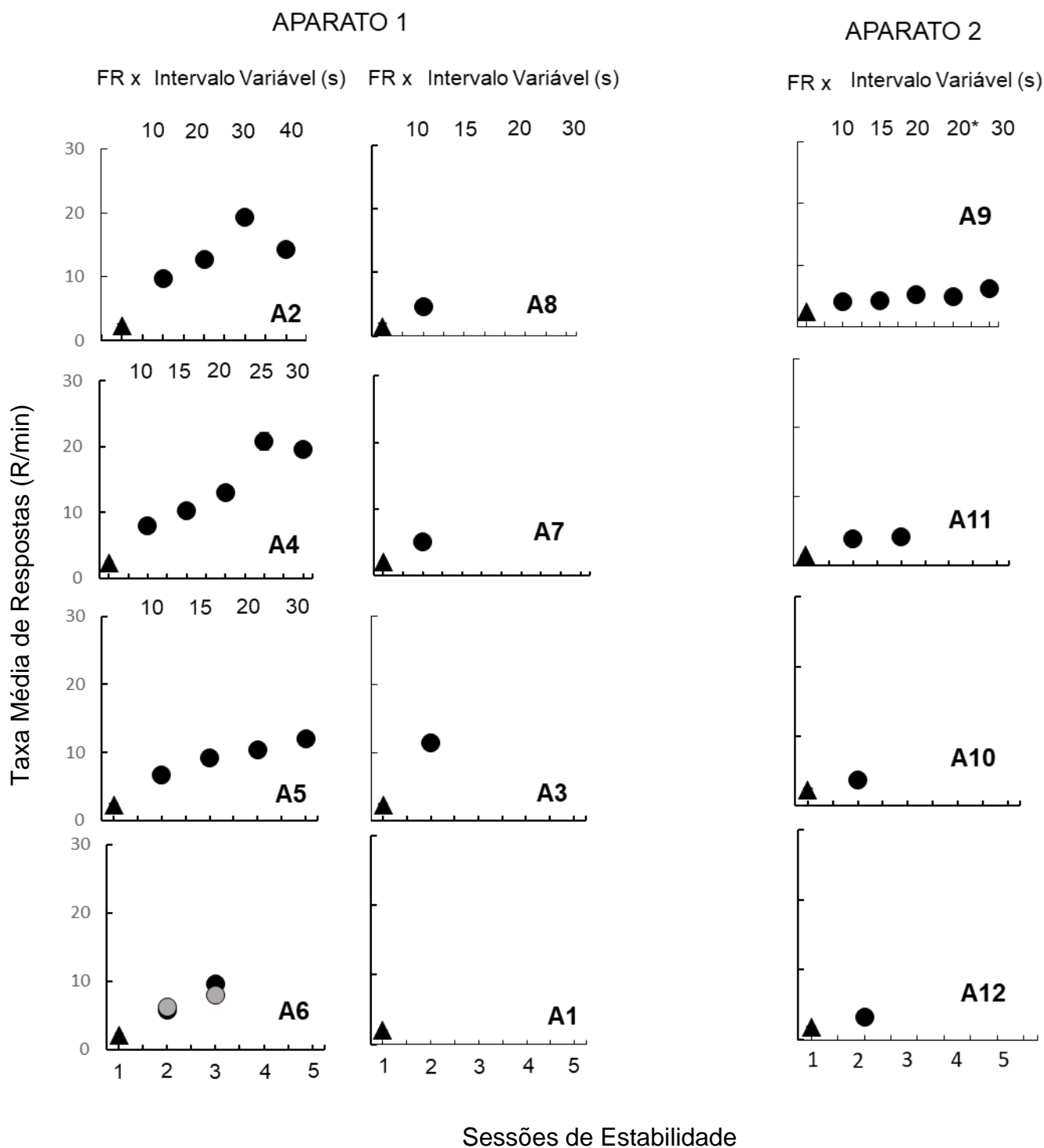
Taxa de Respostas (R/Min) sob FR x e sob Cada Tamanho do VI (Sessões de Estabilidade). A Taxa de Visitas Exclui o Tempo de Retorno à Colmeia



Nota. Para evitar a deterioração do responder, a abelha A6 foi reexposta aos VI (10 s e 15 s).

Figura 22

Taxa Média Total de Respostas (R/Min) e Desvio Padrão da Média sob FR x e sob Cada Tamanho do VI (Sessões de Estabilidade)



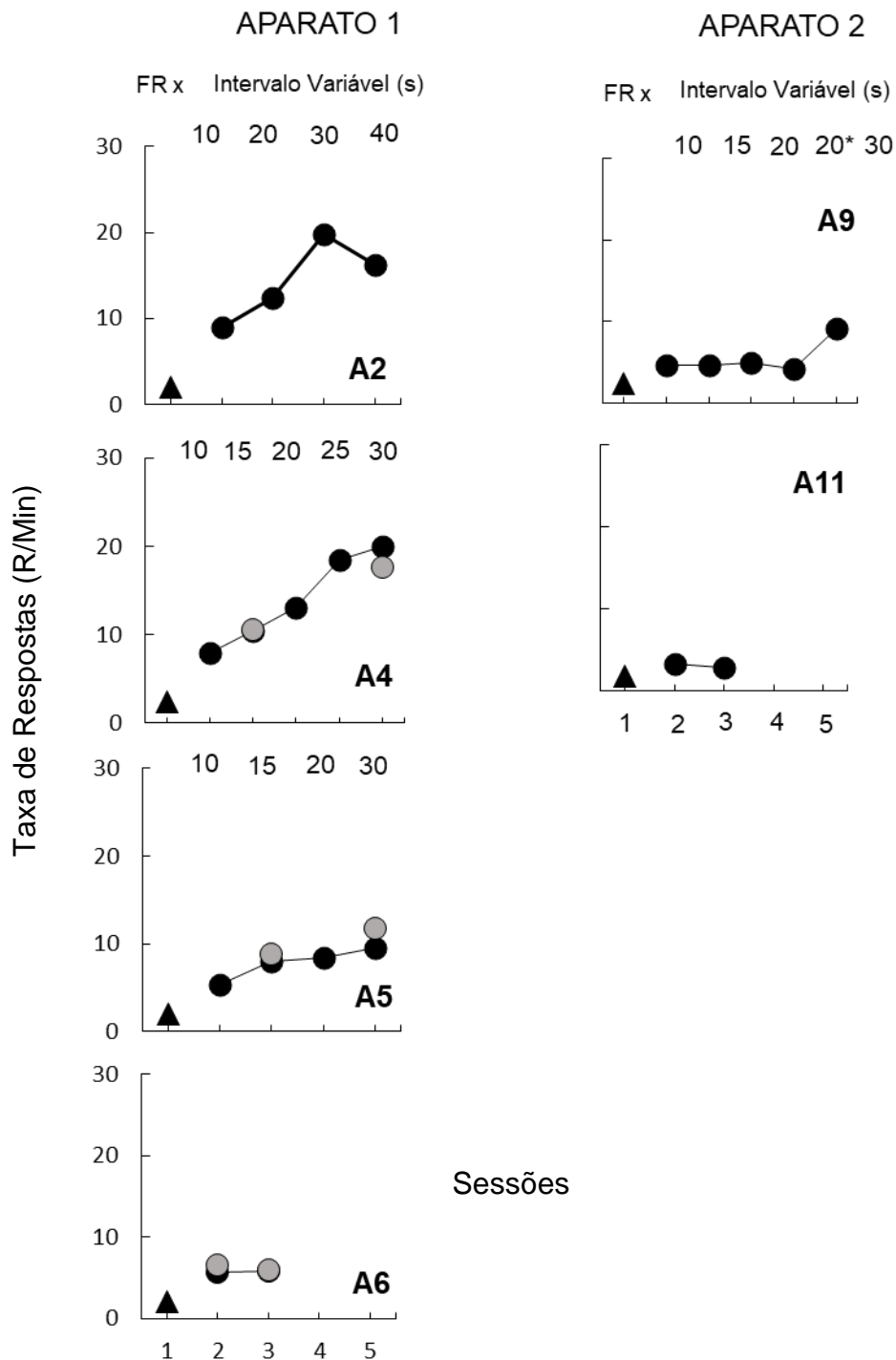
Nota. Para evitar a deterioração do responder, a abelha A6 foi reexposta aos VI (10 s e 15 s).

Após alcançar os critérios de estabilidade no VI 30 s, duas abelhas (A4 e A5) foram reexpostas aos esquemas de intervalo variável com o intuito de investigar a manutenção do responder sob VI. A Figura 24 mostra a taxa de respostas (R/min) por blocos de 1 hora ao longo dos dias de manutenção sob VI 15 s e VI 30 s. No gráfico de linhas, para cada hora foram descartados os dados dos 15 minutos iniciais e 15 min finais; círculos preenchidos representam a taxa no período de 16 a 30 min e círculos vazios representam a taxa no período de 31 a 45 min. O gráfico de barras corresponde a taxa média e desvio padrão da média de todas as horas de coleta de cada dia na manutenção sob VI 15 s (barras preenchidas) e VI 30 s (barras vazias). Inicialmente foram planejadas cinco horas diárias de coleta durante o período de cinco dias, no entanto, foram efetivamente realizadas de três a cinco horas de coleta diárias durante seis (abelha A4) e oito (abelha A5) dias, a depender das circunstâncias do laboratório e do clima e temperatura, condições que afetam a taxa de respostas das abelhas.

De forma geral, a taxa manteve-se constante do primeiro ao último dia de coleta para as duas abelhas, indicando a consistência do responder das abelhas sob VI 15 s e VI 30 s. Porém, a abelha A4 apresentou maior variabilidade da taxa entre os dias de coleta, com a taxa apresentando-se mais baixa nos dias 4, 5 e 6 (aproximadamente entre 12,0 R/min e 14,0 R/min para VI 15 s) e aproximadamente, entre 14,0 R/min e 16,0 R/min nos demais dias. Por outro lado, a abelha A5 apresentou taxas relativamente similares entre os dias de coleta, a taxa variou entre 9,0 R/min e 10,0 R/min. Para as duas abelhas não foram observadas diferenças relevantes das taxas entre os dois tamanhos do VI (15 e 30 s), com a taxa mantendo-se relativamente similar entre VI 15 s e VI 30 s (Figura 24).

Figura 23

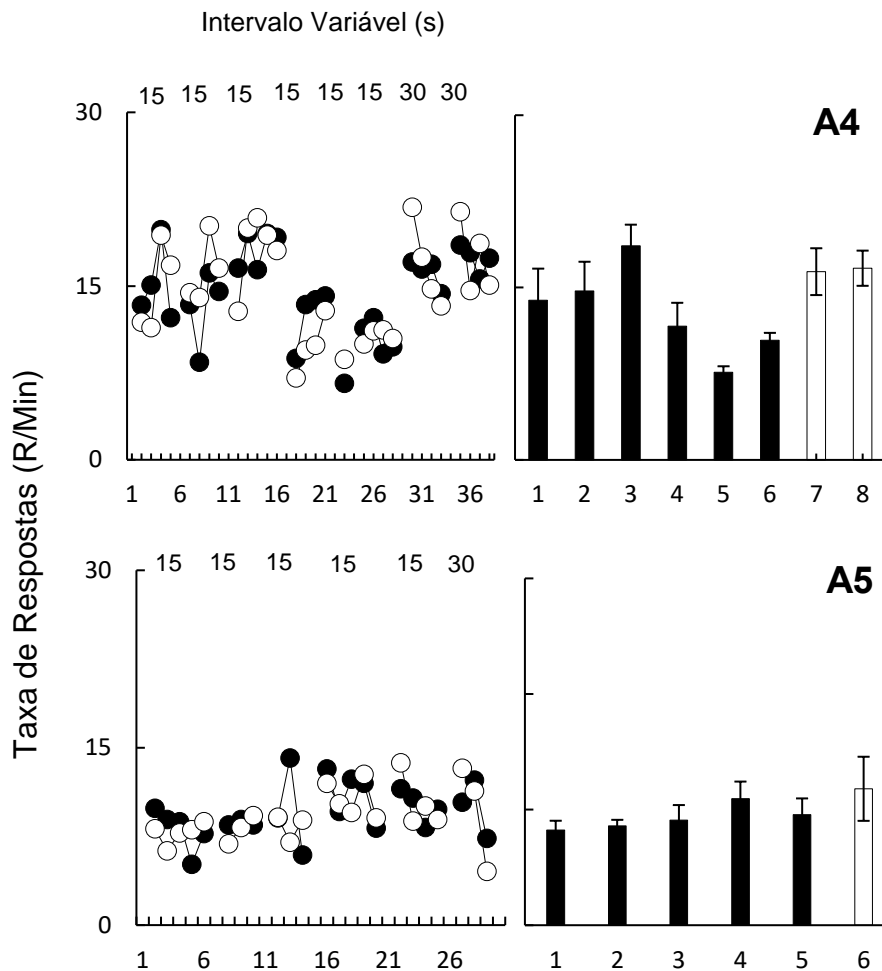
Taxa de Respostas (R/Min) da Penúltima 1 Hora de Coleta sob FR x e sob Cada Tamanho de Intervalo Variável (VI) e Taxa da Penúltima 1 h das Sessões de Manutenção sob VI (15 s e 30 s)



Nota. Para evitar a deterioração do responder, a abelha A6 foi reexposta aos VI (10 s e 15 s).

Figura 24

Taxa de Respostas (Gráfico de Linhas) e Taxa Média de Respostas e Desvio Padrão da Média (Gráfico de barras) (R/min) por Blocos de 1 Hora ao Longo dos Dias de Manutenção sob VI 15 s e VI 30 s



Dias - Blocos Sucessivos de Sessões

Nota. Foram planejadas cinco horas de coletas diárias (cinco pontos por dia), mas o número de sessões efetivamente conduzidas dependeu de circunstâncias do laboratório e do clima e temperatura.

A despeito de pequenas variações, as taxas no período de 16 a 30 min (círculos preenchidos) em comparação ao período de 31 a 45 min (círculos vazios) mantiveram-se aproximadamente iguais demonstrando a consistência do responder da abelha dentro de

cada hora de coleta. Os gráficos de barra indicam que a taxa média de respostas diárias das duas abelhas também se manteve constante no decorrer dos dias, para a abelha A4, aproximadamente entre 14,0 R/min e 16,0 R/min na maioria dos dias (exceção dos dias 4, 5 e 6, aproximadamente entre 12,0 R/min e 14,0 R/min) e para a abelha A5 entre aproximadamente 9,0 R/min e 10,0 R/min. A abelha A4 apresentou os maiores desvios padrão da média na maior parte dos dias (1, 2, 3, 4, 7 e 8), o que se reflete na maior variabilidade do responder indicada pelo gráfico de linhas, por outro lado, a abelha A5 apresentou menores desvios padrão da média em cinco de seis dias (com exceção do dia 6), o que pode ser notado no gráfico de linhas pela maior consistência do responder em todos os dias, com pouca variabilidade (Figura 24).

As Figuras 25 e 26 apresentam a taxa de reforços e a taxa média de reforços (reforços por minutos) e desvio padrão da média, respectivamente, das últimas três sessões de 1 hora sob esquema FR x e sob cada tamanho do VI (sessões de estabilidade) até VI 30 s ou VI 40 s. A taxa de reforços (reforços por minuto) foi calculada somando-se o número de reforços obtidos em cada período de 1 hora dividido por 60 min. A taxa média de reforços corresponde à soma das taxas obtidas nas três sessões de estabilidade, dividido por três. Na parte superior da figura estão descritos os tamanhos dos intervalos. Os valores acima das linhas tracejadas correspondem a uma estimativa da taxa de reforços programada em cada tamanho do VI, essa estimativa foi obtida dividindo-se 60 min pelo tamanho do VI. Três abelhas (A2, A4 e A5) do Aparato 1 e uma abelha (A9) do Aparato 2 completaram todo o procedimento, sendo expostas a todas as etapas experimentais.

Na Figura 25, os círculos e triângulos preenchidos correspondem à Taxa de Reforços (SR+) Visita, onde o tempo de retorno da abelha à colmeia foi excluído e os círculos e triângulos vazios referem-se à Taxa Total de Reforços (SR+) que incluía o tempo de retorno da abelha à colmeia. De modo geral, observa-se que para todas as

abelhas a taxa de reforços foi uma função inversa do tamanho do VI. Isto é, à medida que o tamanho do VI aumentava, a taxa de reforços diminuía. Porém, a diminuição da taxa à medida que o tamanho do VI aumentava ocorreu de forma discreta. Por exemplo, a Taxa de Reforços Total (triângulos vazios) no FR x foi aproximadamente 2,0 reforços por minuto e a Taxa de Reforços Visita (triângulos preenchidos) aproximadamente 3 a 4 reforços por minuto nos dois aparatos. A taxa de reforços estimada programada (linhas tracejadas) para o VI 10 s era de 6 reforços por minuto, porém a taxa alcançada pelas abelhas foi significativamente inferior, a Taxa de Reforços Total (círculos vazios) ficou entre aproximadamente 1,5 e 1,8 reforços por minuto e a Taxa de Reforços Visita (círculos preenchidos) entre aproximadamente 2,5 e 3,0 reforços por minuto. Por outro lado, no VI 30 s, as abelhas alcançaram valores de taxas de reforços próximos ao estimado (2 reforços por minuto, linha tracejada), a Taxa de Reforços Total foi aproximadamente 1 reforço por minuto e a Taxa de Reforços Visita foi aproximadamente 1,5 reforços por minuto. É possível observar, portanto, que não houve diferenças relevantes entre as taxas de reforços nos dois aparatos.

A fim de evitar a deterioração do responder, a abelha A6 foi reexposta aos VI (10 e 15 s), sendo observada a replicação da taxa da primeira exposição a estes tamanhos de VI, representada pelos círculos cinza-claros (Taxa de Reforços Total), a taxa variou entre 1,5 e 1,8 reforços por minuto e pelos círculos cinza-escuros (Taxa de Reforços Visita) aproximadamente entre 2,5 e 3,0 reforços por minuto. A abelha A9 foi reexposta ao VI 20 s pois ao iniciar no VI 30 s apresentou deterioração do responder caracterizado por períodos de longos intervalos antes do retorno ao equipamento (Figura 25).

A Figura 26 mostra a taxa média total de reforços (reforços por minuto) das 12 abelhas e o desvio padrão da média sob FR x e sob cada tamanho do VI. A taxa média de reforços (que excluía o tempo de retorno da abelha à colmeia) não foi calculada pois não

houve o registro dos tempos de visita em todas as sessões de estabilidade, o que impossibilitou o cálculo da taxa média de reforços (com a exclusão do tempo de retorno da abelha à colmeia). Replicando o que foi apresentado na Figura 25, a taxa de reforços total diminuiu de forma discreta à medida que aumentou o tamanho do VI (relação inversa). A relação foi a mesma para ambas os aparatos, a taxa no FR x variou entre, aproximadamente 2,0 e 2,5 reforços por minuto. No VI 10 s entre aproximadamente 1,5 e 1,8 reforços por minuto e no VI 30 s, aproximadamente, 1,0 reforço por minuto. Com exceção da abelha A8, cujo desvio padrão da taxa no FR x foi maior em relação ao das outras abelhas, nas demais taxas o desvio padrão foi pouco pronunciado em ambos os Aparatos e entre as diferentes condições experimentais. A abelha A6 replicou a taxa média total ao ser reexposta aos VI (10 e 15 s), aproximadamente 1,8 reforços por minuto (VI 10 s) e 1,5 reforços por minuto (VI 15 s) (círculos cinza-escuros).

A Tabela 6 apresenta o número de visitas (das abelhas que completaram o procedimento) no esquema FR x e ao longo dos tamanhos do VI durante as três últimas horas de exposição aos esquemas (sessões de estabilidade). De modo geral, as abelhas fizeram em média 31 visitas, variando entre 28 (mínimo) na segunda sessão do VI 25 s e 33 (máximo) visitas nas segundas sessões do FR x e do VI 15 s. As visitas mantiveram-se relativamente constantes entre as diferentes condições experimentais. Por exemplo, para o esquema FR x, o número médio de visitas variou entre 32,5 (mínimo) e 33,5 (máximo); no VI 10 s, essa variação foi entre 31 (mínimo) e 33,5 (máximo). Para o VI 30 s, entre 29,5 (mínimo) e 31 (máximo) visitas. A abelha A9 obteve a menor média de visitas (27,3), variando entre 21 visitas (mínimo) na terceira sessão do VI 30 s e 32 (máximo) na primeira e terceira sessões do FR x e na primeira sessão do VI 20 s. Por outro lado, a abelha A5 apresentou a maior média de visitas (34,5), variando entre 29

(mínimo) na terceira sessão do VI 20 s e 39 (máximo) na primeira sessão do FR x e na primeira sessão do VI 15 s

Figura 25

Taxa de Reforços (Reforços por Minuto) sob FR x e sob Cada Tamanho do Intervalo Variável (VI) (Sessões de Estabilidade)

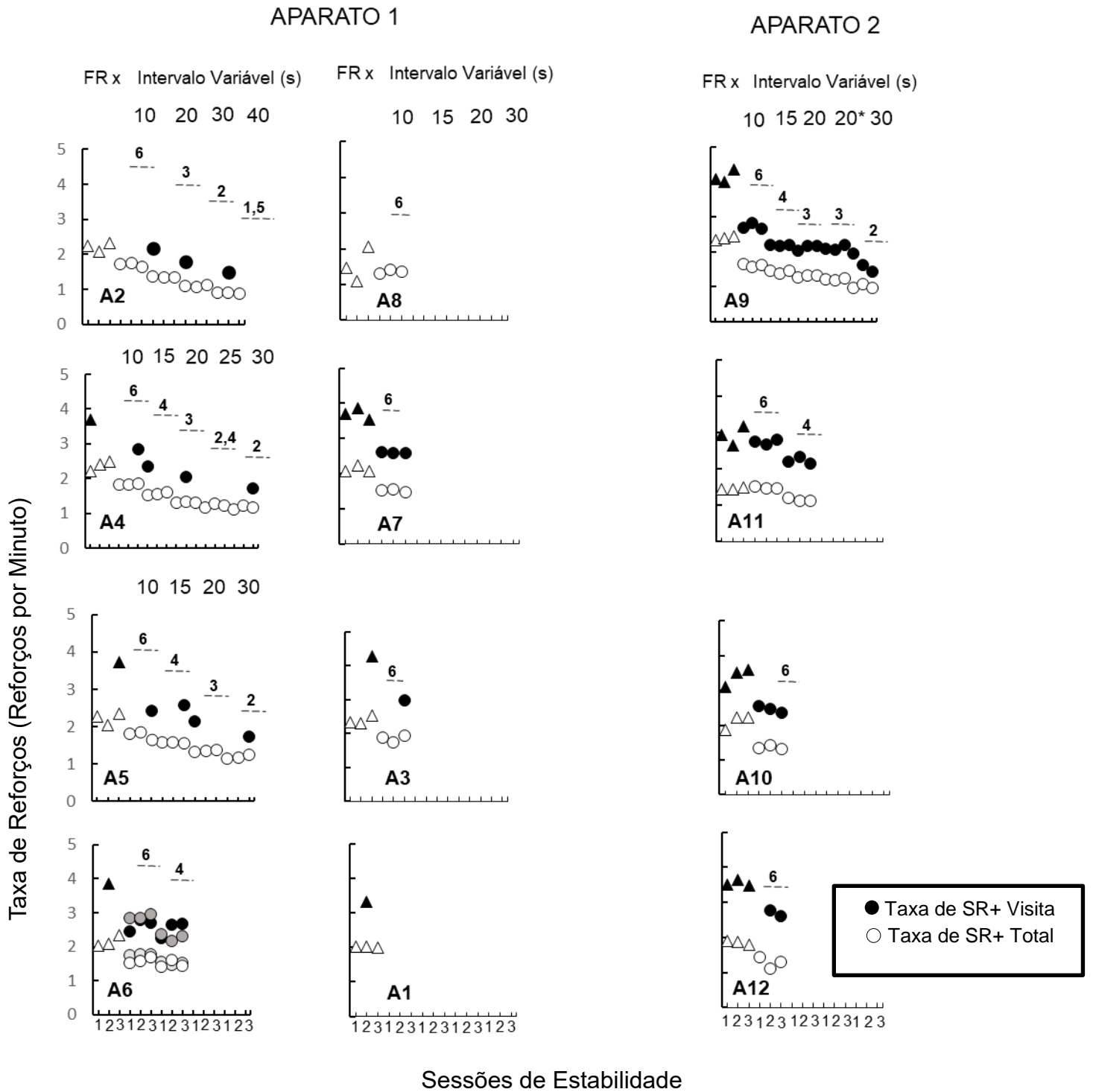


Figura 26

Taxa Média de Reforço (Reforços por Minuto) e Desvio Padrão da Média sob FR x e sob Cada Tamanho do Intervalo Variável (VI) (Sessões de Estabilidade)

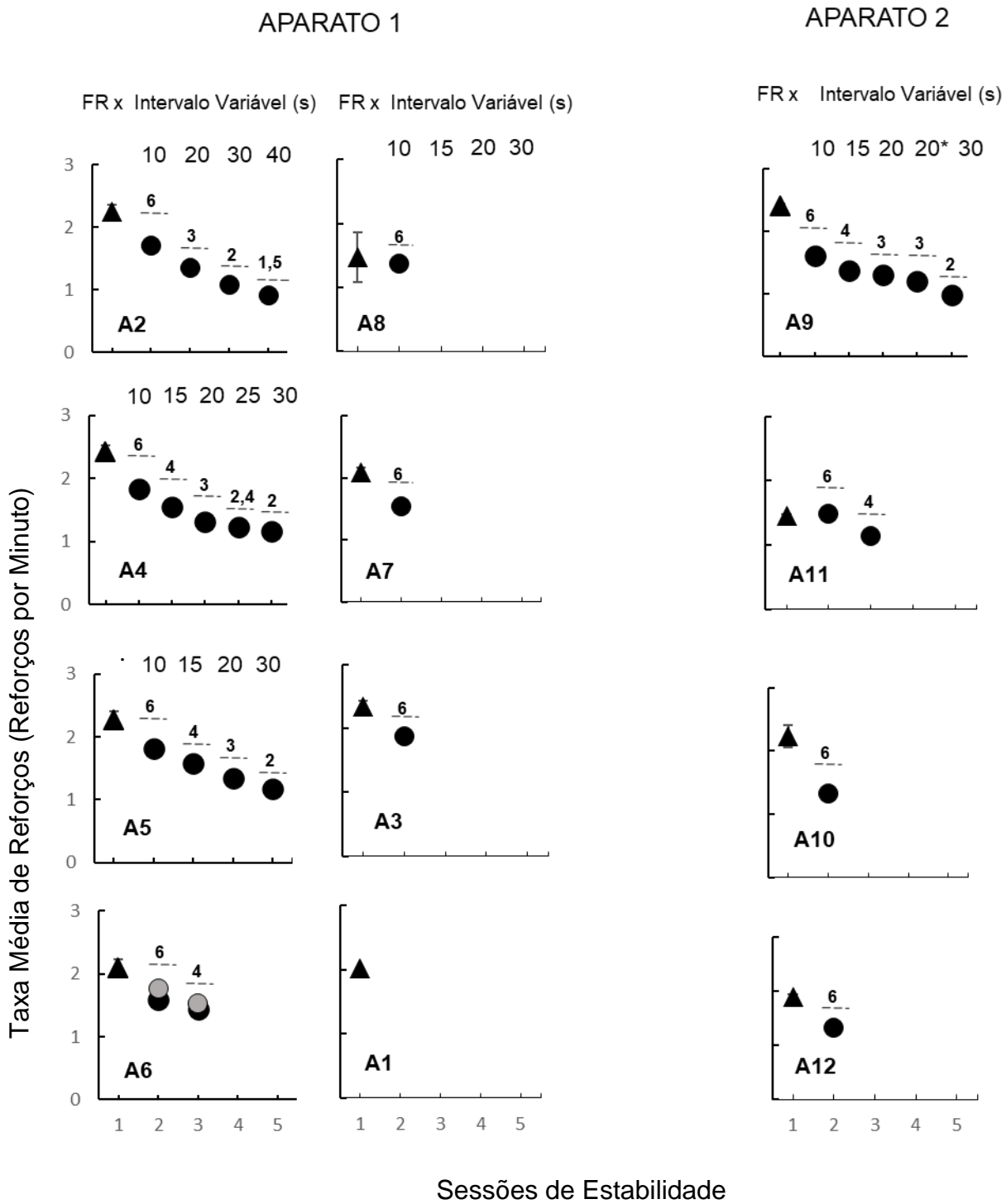


Tabela 6

Número de Visitas ao Aparato Experimental nas Três Últimas Sessões de 1 hora de Cada Condição Experimental do VI (Abelhas que Completaram o Procedimento)

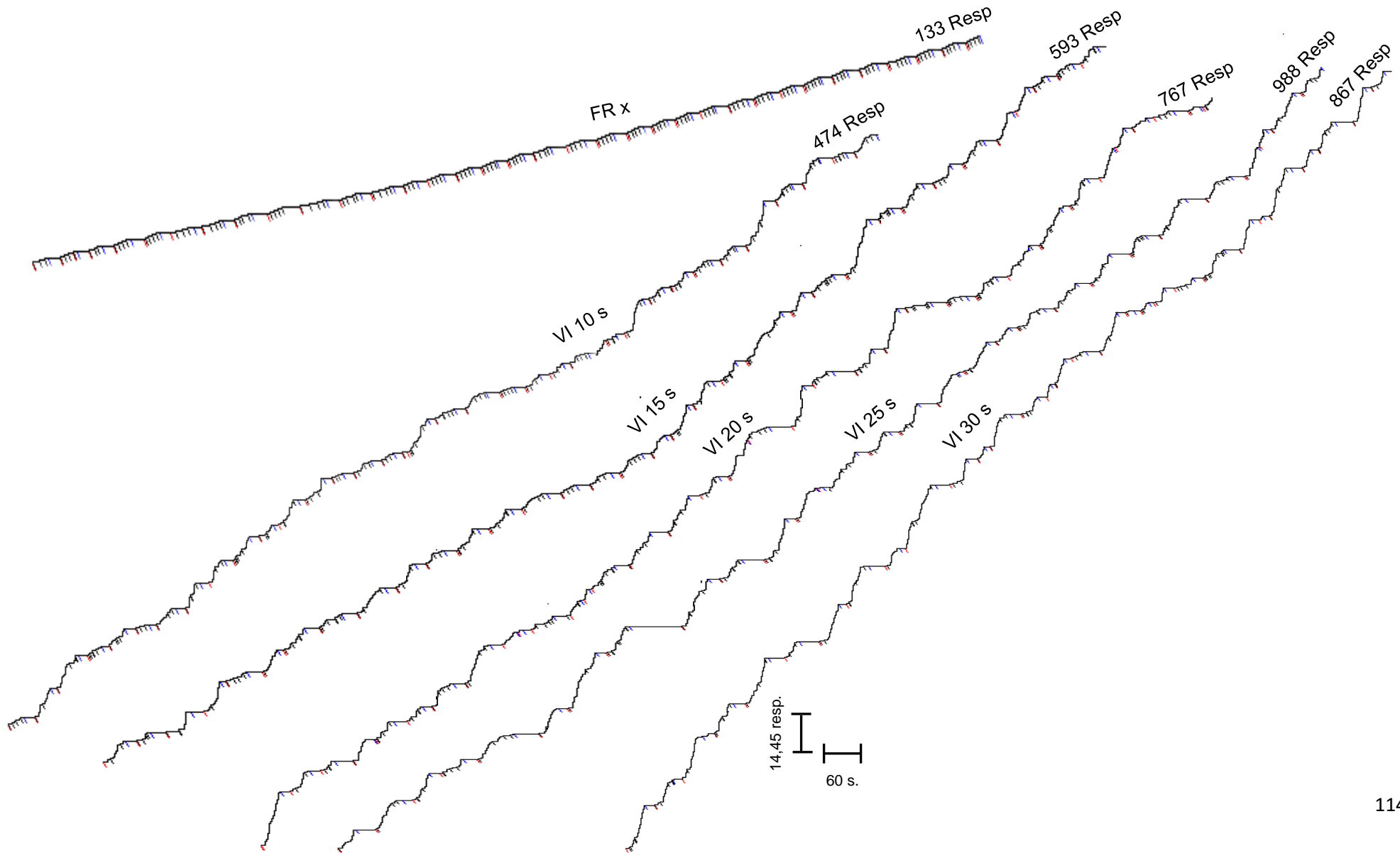
		Tamanhos do Intervalo Variável (s)																					Média
		FR x			10			15			20			25			30			40			
Sessões	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Abelhas																							
A2	30	32	33	31	31	33	-	-	-	32	27	31	-	-	-	30	30	31	30	30	26	30,5	
A4	34	36	35	32	31	34	34	33	35	30	32	25	28	29	28	29	32	31	-	-	-	31,5	
A5	39	33	34	36	38	34	39	35	33	32	30	29	-	-	-	37	35	33	-	-	-	34,5	
A9 ^a	32	31	32	29	28	24	22	25	26	32	28	31	-	-	-	25	24	21	-	-	-	27,3	
Média	33	32,5	33,5	31,5	31	33,5	34	33	33	32	29	30	28	29	28	29,5	31	31	30	30	26	31	
Total Geral	33		31,5			33			30			28			31			30			31		

Nota. ^a Para evitar a deterioração do responder antes de ser exposta ao VI 30 s, a abelha A9 foi reexposta ao VI 20 s quando realizou 30, 27 e 30 visitas nas três sessões de estabilidade, respectivamente.

A fim de exemplificar o padrão do responder, a Figura 27 apresenta os registros cumulativos da abelha A4 durante exposição aos esquemas FR x e VI (10, 15, 20, 25 e 30 s). Os traços oblíquos nos registros correspondem aos reforços e os maiores intervalos entre as marcas correspondem à ida à colmeia e volta (tempo de viagem) da abelha ao aparato (ida em azul e volta ao aparato em vermelho). Cada curva acumulada corresponde a uma sessão de 1 hora de duração. Os registros indicam que, de forma geral, à medida que o tamanho do VI aumentou de 10 para 30 s, ocorreu também o aumento do número de respostas de deslocamento da alavanca emitidas por sessão. No VI 10 s, por exemplo, a abelha emitiu 474 respostas e no VI 30 s emitiu 867 respostas, com uma taxa máxima de respostas de 14,45 (respostas por minuto) neste tamanho de VI. O número de respostas emitidas no VI 25 s (988 respostas) foi um pouco maior que no VI 30 s (867 respostas). O menor número de respostas emitidas ocorreu no FR x (133 respostas). É possível observar intervalos curtos (tempo de viagem), com aumentos progressivos dos intervalos a partir do VI 20 s, os intervalos mais pronunciados ocorreram nos VI 25 s e VI 30 s.

Figura 27

Registros Cumulativos da Abelha A4 sob FR x e sob os Tamanhos do VI. Os Registros Incluem os Reforços (Marcas Pretas) e Retornos à Colmeia – Notar os Intervalos com Início em Azul e Volta ao Aparato em Vermelho



Discussão

Este estudo verificou a aprendizagem de deslocar uma alavanca e sua manutenção sob parâmetros do esquema de Intervalo Variável (VI) em abelhas meliponas.

Foi utilizado o equipamento (Aparato 1) construído para o Experimento 2 e a fim de aprimorar o *operandum* e mecanismo da barra foi construído um novo equipamento similar (Aparato 2) automatizado e adaptado do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). O procedimento consistiu em expor as abelhas a diferentes tamanhos de intervalo variável VI (10, 15, 20, 25, 30, 40 s) e mensurar a taxa de respostas de deslocamento da alavanca emitidas pela abelha em cada tamanho do VI, posteriormente, abelhas foram reexpostas a dois tamanhos de intervalo variável (VI 15 s e VI 30 s) para verificar longitudinalmente a manutenção do responder no VI. Parte dos dados foi coletada no Aparato 1 (8 abelhas) e parte no Aparato 2 (4 abelhas).

Todas as doze abelhas do estudo aprenderam a resposta de deslocar uma alavanca para 10 s de acesso ao alimento (solução açucarada concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*). As análises das taxas de respostas mostraram que a taxa foi uma função direta do tamanho do intervalo, com a taxa aumentando monotonicamente à medida que o tamanho do intervalo aumentava para as abelhas que completaram o procedimento e as taxas foram mais pronunciadas para as abelhas (A2, A3, A4, A5 e A6) do Aparato 1 em comparação com as taxas das abelhas (A9 e A11) do Aparato 2 (Figuras 21, 22 e 23). Nas sessões de manutenção em VI (15 e 30 s) as taxas foram similares às obtidas a que as abelhas foram expostas ao longo da modelagem ao esquema e foram mantidas estáveis, indicando a manutenção do responder no esquema VI (Figura 24).

É importante relatar que toda a coleta realizada no Aparato 2 ocorreu no período de baixas temperaturas, em torno de 16 a 19 °C, quando foi utilizado um aquecedor para

manter a temperatura do laboratório em torno de 26 °C (temperatura mínima ideal para a coleta), no entanto, como a saída da colmeia era para o lado de fora do laboratório e as abelhas tinham contato com o ambiente externo, provavelmente, as baixas temperaturas podem ter afetado no decréscimo da taxa de respostas.

Deve – se levar em conta também que apesar das alavancas dos dois aparatos apresentarem mesmo formato, altura e peso, os materiais em que foram confeccionadas e os mecanismos delas eram diferentes. No Aparato 1, a alavanca era confeccionada em latão e o mecanismo funcionava como “pêndulo” e no Aparato 2, a alavanca foi feita em alumínio e o mecanismo funcionava com uma mola. Assim, como as duas variáveis (i. e., temperatura baixa e mudança no material e mecanismo da barra) ocorreram ao mesmo tempo, há a impossibilidade de se saber quais das duas (ou se as duas) tiveram efeito no decréscimo da taxa de respostas verificada no Aparato 2. Estudos futuros poderiam investigar esta questão separando e isolando estas variáveis.

Os resultados replicaram os tipicamente observados em esquemas VI em estudos com outras espécies de animais onde é observado um padrão do responder com taxas de respostas moderadas, com aumento da taxa monotonicamente à medida que ocorre o aumento no tamanho do VI (Baum, 1993, Baum & Grace 2020; Catania, 1998; Catania & Reynolds, 1968; dos Santos et al., 2023; Ferster & Skinner, 1957). No presente estudo, as abelhas demonstraram o responder consistente nos tamanhos dos VI (10, 15, 20, 25, 30 e 40 s) a que foram expostas.

Como constatado nos estudos anteriores (Moreno et al., 2012; Moreno et al., 2014; Penha & de Souza, s.d.; Pessotti, 1961, 1964a, 1964b, 1965a, 1965b, 1967a, 1967b, 1969, 1971, 1972, Pessotti & Carli-Gomes, 1981a; Pessotti & Lé’Sénéchal, 1981b; e Scienza et al., 2019) e nos Experimentos 1 e 2 do presente estudo, a abelha melipona precisa de em

média 30 s de acesso ao xarope para o total preenchimento de sua vesícula melífera. Neste sentido, a quantidade de xarope coletada a cada visita e depositada na colmeia é em torno de 30 s, independentemente do tamanho do VI em vigor. Conforme verificado nos Experimentos 1 e 2, o número de visitas variou entre abelhas, porém, entre condições, para cada abelha individualmente, permaneceu relativamente constante (Tabela 6). É possível que este fenômeno tenha afetado a taxa de reforços que foi relativamente constante, apresentando um leve decréscimo à medida em que aumentava o tamanho do VI (Figuras 25 e 26). Estes resultados, entretanto, replicaram os tipicamente encontrados em outros animais (e. g., ratos e pombos) cujas taxas de reforços nos esquemas VI são relativamente constantes para taxas de respostas variáveis.

Em outros animais (e. g., pombos e ratos) o padrão do responder em VI gera ausência de pausas pós reforço com responder constante durante toda a sessão (Ferster & Skinner, 1957). Assim, como constatado nos Experimento 1 e 2, no presente Experimento (3), há dois tipos de intervalos (i. e., tempo de viagem de ida e volta da colmeia ao aparato, e a pausa pós reforço). No tempo de viagem (intervalos maiores entre os reforços visível nos registros cumulativos, Figura 27) também estava contida a pausa pós reforço. Porém, o equipamento e o programa não estavam preparados para registrar e diferenciar entre estes dois tipos de intervalos, o que impossibilitou o cálculo deles (veja sugestão para estudos futuros no Experimento 2).

Este estudo utilizou uma amostra reduzida de sujeitos experimentais, tendo em vista que das doze abelhas, apenas quatro completaram o procedimento. Para uma maior generalização dos dados seria necessária a replicação com uma amostra maior de sujeitos (e com abelhas de outras espécies) (Sidman, 1960). Neste estudo, os critérios de estabilidade referiam-se às três últimas horas de coleta, um dos critérios era o cálculo da variação em torno de 10% da taxa média de respostas dessas três horas, o que demonstrou

ser um critério muito exigente do desempenho das abelhas, pois em muitos momentos foi observado que as abelhas alcançavam todos os outros critérios (visuais) mas, precisavam de uma quantidade maior de horas para alcançar o critério matemático. Tendo em vista que uma abelha desta espécie (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) vive por volta de 60 dias (Nogueira Neto, 1997) e que há a necessidade de ela cumprir todas as etapas experimentais, relaxar o critério matemático para 12% (ou 15%) ou ainda, restringir os critérios para apenas visuais (i. e., observação de tendências crescentes e decrescentes das taxas de respostas e da sistematicidade dos registros cumulativos) poderia ser um caminho para otimizar a coleta.

Outra limitação refere-se a não ter sido possível calcular o tempo de consumo do reforço (veja explicação e sugestão no Experimento 1). Também é possível que o estudo se beneficiasse de outras medidas de análises de dados como a análise de pausas pós reforço (conforme solucionado o problema do equipamento / programa explicado no Experimento 1). A programação da contenção limitada - LH (*limited Hold*) também poderia ser um controle experimental importante para propiciar o aumento na taxa de respostas nos tamanhos do VI (Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957; Hearst, 1958).

A despeito das limitações, o objetivo do estudo (i. e., investigar a aprendizagem operante de deslocamento de uma alavanca por meliponas e a sua manutenção sob esquema VI) foi alcançado. Este estudo permitiu descrever a aprendizagem das abelhas sob este tipo de esquema intermitente e possivelmente contribuirá para o desenvolvimento e avaliação de um protocolo experimental a ser estabelecido em uma linha de base de comportamento estável para estudo dos efeitos de outras variáveis (e.g., efeitos de agrotóxicos) e de outros processos (e. g., aprendizagem discriminativa) no comportamento. Além disso, o estudo contribui para a investigação de um modelo animal utilizando abelhas como sujeitos para estudar processos da aprendizagem operante.

Discussão Geral

O objetivo geral do presente estudo consistiu em verificar alguns procedimentos e variáveis – como a duração do reforço, o esquema de razão variável (VR) e o esquema de intervalo variável (VI) na aquisição e manutenção de comportamento operante em abelhas. Para tanto, foram construídos e aprimorados três aparatos, cada qual munidos de barra / alavanca de respostas e bebedouro, adaptados do equipamento desenvolvido por Pessotti (1969). Além disso, este estudo teve como contribuição o uso das respostas operantes de pressão à barra e de deslocamento de alavanca, sob esquemas variáveis de razão e de intervalo, empregando como sujeitos experimentais abelhas sem ferrão da espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

O primeiro aparato, utilizado no Experimento 1, apresentou como *operandum* uma barra de respostas. Com o intuito de verificar o efeito da duração da disponibilidade do reforço (tempo de acesso ao xarope) no responder de pressão à barra de abelhas, a quantidade de xarope oferecida (i. e., duração do reforço) foi fracionada e a taxa de respostas de pressão à barra mensurada. Os resultados encontrados neste experimento evidenciaram que meliponas respondem em diferentes durações do reforço (30; 15; 10 e 6 segundos) e, que estas durações têm efeito no seu comportamento, a taxa de respostas (R/min) foi uma função inversa da duração do reforço (Figuras 6 e 7). A duração do reforço de 10 segundos mostrou ser a duração mínima, na qual é mantida a consistência e sistematicidade no padrão do responder da abelha, como evidenciaram os registros de respostas cumulativas (Figura 8).

Os outros dois aparatos tinham como *operandum* uma alavanca. Os Experimentos 2 e 3 verificaram a aprendizagem da resposta de deslocamento de uma alavanca e sua manutenção sob parâmetros do esquema de Razão Variável (VR) e parâmetros do esquema de Intervalo Variável (VI), respectivamente.

Diferente do Experimento 1 em que a resposta exigida era o pouso da abelha na barra de respostas disposta de forma horizontal, nos Experimentos 1 e 2, o requisito de resposta exigido era o deslocamento da alavanca disposta de forma vertical, cujas variadas topografias de respostas emitidas pela abelha consistiam em “puxar” ou “empurrar” a alavanca com força suficiente para o seu deslocamento.

Os resultados dos Experimento 2 e 3 demonstraram que as abelhas aprenderam a resposta de deslocar uma alavanca, para receber a duração de 10 s de alimento (solução açucarada concentrada a 50%, com essência de cidreira - *Cymbopogon citratus*) e mantiveram o responder sob parâmetros do esquema VR (Experimento 2) e parâmetros do esquema VI (Experimento 3) como atestam os registros cumulativos dos respectivos experimentos (Figuras 17 e 27). No Experimento 2, a taxa de respostas foi uma função direta do tamanho da razão, aumentando linearmente à medida que o tamanho da razão em VR aumentava (Figuras 11 e 12) e nas sessões de manutenção sob VR 3, as taxas foram similares às obtidas na primeira exposição ao VR 3 e foram mantidas estáveis (Figura 14). No Experimento 3, a taxa de respostas foi uma função direta do tamanho do intervalo, com a taxa aumentando monotonicamente à medida que o tamanho do intervalo aumentava (Figuras 21 e 22). Nas sessões de manutenção sob VI (15 e 30 s), a taxa de respostas manteve-se relativamente estável indicando a consistência do responder sob VI (Figura 24). Assim, os dados das taxas de respostas sob os esquemas VR e VI em abelhas replicaram os tipicamente observados sob estes esquemas com outros animais (e. g., ratos e pombos) (Catania, 1998; Ferster & Skinner, 1957).

É possível notar uma maior perda de sujeitos no Experimento 3 quando foram expostos ao esquema VI (seis abelhas) em comparação ao Experimento 2 quando foram expostos ao esquema VR (duas abelhas). Tendo em vista que a tarefa realizada pela abelha no aparato experimental é ecologicamente similar à tarefa de forrageamento no ambiente

natural, quando a abelha coleta porções de néctar em visitas à diversas flores até o total preenchimento de sua vesícula melífera para só então retornar à colmeia, supõe-se que esta atividade de forrageamento na natureza está mais próxima de uma tarefa de razão do que de intervalo.

Considerando o ajuste do comportamento ao esquema VI, as abelhas também foram pouco eficientes em conseguir reforçadores, pois apresentaram altas taxas de respostas (Figuras 21, 22 e 23), mas obtiveram baixas taxas de reforços comparada à taxa de reforços estimada. Por exemplo, as abelhas obtiveram em torno de 2 reforços por minuto na duração de 10 s que foi menos da metade da taxa de reforços estimada (6 reforços por minuto) (Figuras 25 e 26). Assim, supõe-se que o aumento do intervalo no esquema VI tenha aumentado o custo da resposta para algumas abelhas dificultando o alcance dos critérios de estabilidade e proporcionando a perda de reforçadores, já que elas não estariam ecologicamente preparadas para realizar este tipo de tarefa.

Uma peculiaridade das abelhas desta espécie (*Melipona quadrifasciata anthidioides*) é que necessitam de em média 30 s de coleta de material para preencher totalmente sua vesícula melífera e que a maior parte do material coletado é depositado na colmeia, sendo assim, o número de visitas destas abelhas ao aparato experimental varia entre abelhas, porém, entre condições, para cada abelha individualmente, permanece relativamente constante, independentemente, da condição ou esquema em vigor. Este fenômeno pôde ser observado em todos os três experimentos.

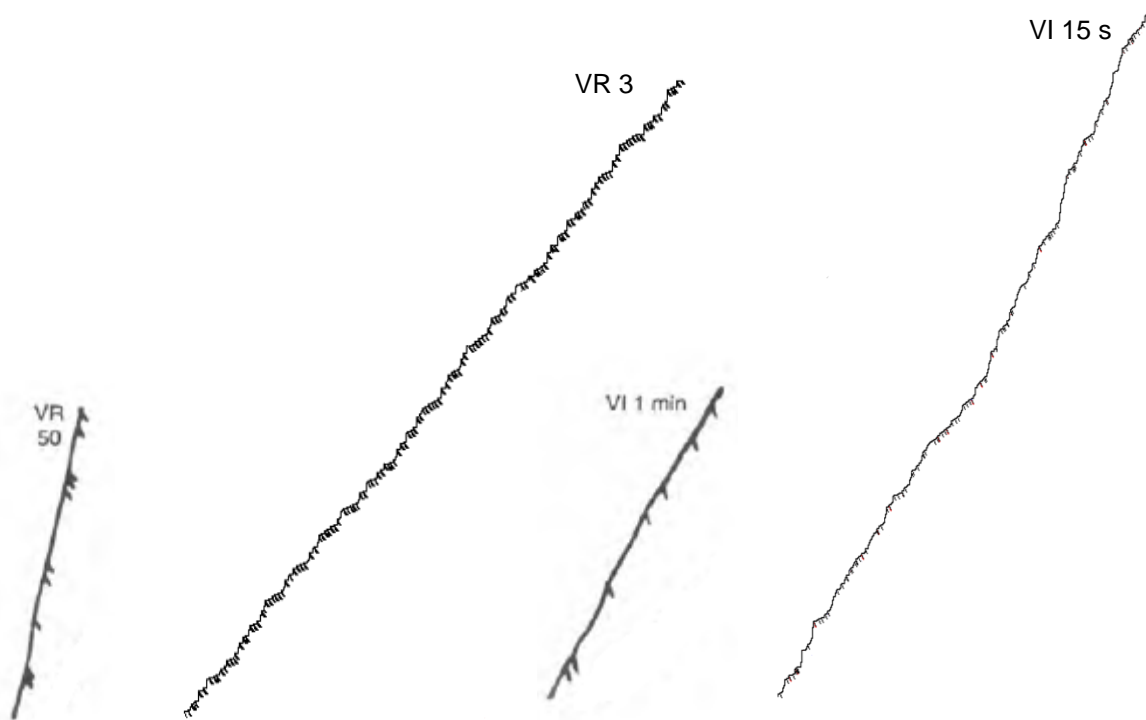
É importante destacar que os procedimentos estudados nos três experimentos permitiram investigar uma medida de operante livre em abelhas; no entanto, essa se combina à especificidade do sujeito. Por exemplo, a pausa após o reforço realizada pela abelha e o tempo de viagem entre colmeia e aparato experimental como demonstrado nos

registros cumulativos dos três experimentos (Figuras, 8, 17 e 27) por dependerem de certa ecologia e certo sistema comportamental da abelha, diferem das espécies animais estudadas até o momento (e. g., ratos, pombos e humanos), assim, a sua interpretação deve considerar essa diferenciação e a necessidade de mais investigações sobre o funcionamento do sujeito na interação entre ecologia e aspectos comportamentais.

A Figura 28 apresenta os registros cumulativos de 1 hora de coleta sob esquemas VR e VI obtidos por abelhas (presente estudo) e os registros cumulativos hipotéticos de pombos (conforme Catania, 1998, pág. 182). A fim de comparar o padrão do responder dos dois animais, foram retirados os tempos de viagem (i. e., tempos de ida e volta da colmeia ao aparato) dos registros cumulativos das abelhas.

Figura 28

Comparação Entre Registros Cumulativos Sob Esquemas VR 3 e VI 15 s Obtidos por Abelhas Durante Sessões de 1 Hora e Registros Cumulativos Hipotéticos Sob Esquemas VR 50 e VI 1 min de Pombos



Nota. Os registros cumulativos das abelhas foram corrigidos (i. e., retirou-se os tempos de ida e volta da colmeia ao aparato). Os registros cumulativos hipotéticos de pombos foram retirados de Catania, 1998, pág. 182.

É possível observar um padrão geral do responder obtidos nos dois esquemas (VR e VI) similar entre abelhas e pombos. As curvas acumuladas dos esquemas VR 3 (abelhas) e VR 50 (pombos) têm formato de aceleração positiva representadas por altas e constantes taxas do responder. Por outro lado, as curvas acumuladas dos esquemas VI 15 s (abelhas) e VI 1 min (pombos) apresentam responder relativamente constante durante todo o período. Apesar das similaridades, é possível notar diferenças nos registros dos dois tipos de animais quanto à duração das pausas após os reforços. Nos registros das abelhas, o tempo que a abelha utiliza para ir e voltar da colmeia ao aparato (tempo de viagem) foi retirado, o que permitiu observar mais pormenorizadamente as pausas após os reforços. Em pombos, as pausas após os reforços são curtas ou inexistentes nos dois esquemas (VR e VI, respectivamente). Em comparação com os registros dos pombos, os registros cumulativos das abelhas apresentaram pausas maiores após os reforços para os dois esquemas (VR e VI) (Figura 28).

A abelha, ao contrário do pombo (que vive no laboratório), vive em um sistema de economia aberta; neste sentido, ela coleta o material (i. e., néctar nas flores, xarope no laboratório) e voa até a colmeia para depositá-lo; posteriormente, com a bolsa melífera vazia retorna ao aparato (ou às flores na natureza) e o ciclo é reiniciado. Assim, as maiores pausas após os reforços poderiam ser explicadas por este ecossistema da abelha. Foi possível observar “a olho nu” que ao cumprir um requerimento de razão (VR) ou um intervalo do VI, ela caminhava ou voava até o bebedouro, onde obtinha o reforço (i. e., xarope) e após a coleta caminhava ou voava até a alavanca a fim de emitir mais respostas. Este trajeto (bebedouro e alavanca) durava alguns segundos, o que poderia ser suficiente para explicar os maiores intervalos entre as obtenções dos reforços (pausas).

No entanto, foi possível também observar que após coletar todo o material (em média 30 s), a abelha esperava alguns segundos antes de voar de volta para a colmeia.

Assim, possivelmente, algum aspecto da biologia da abelha ou da interação respondente – operante, poderia estar atuando para explicar este momento de “pausa” antes do retorno à colmeia para depositar o material coletado. Estes aspectos poderiam ser melhor investigados em estudos futuros por meio do aprimoramento do aparato experimental e programa de coleta, ao se incluir fotocélulas no equipamento que permitissem o registro dos tempos de paradas da abelha, o que também permitiria análises mais pormenorizadas do padrão do responder da abelha, como as análises de pausas após os reforços, de intervalos entre respostas (IRT's) e de intervalos entre reforços (IRI's), bem como investigações do seu ecossistema na interação respondente – operante.

O automatização do equipamento é de fundamental importância para a melhora do controle experimental em experimentos com não humanos (Galizio & Bruce, 2020) bem como a avaliação do custo-benefício, testagem com não humanos e manutenção destes equipamentos (Rossger, 2015). Galizio e Bruce (2020) utilizaram um equipamento automático equipado com um olfatômetro para testar o procedimento de discriminação condicional sucessiva em ratos. Obtiveram como resultados altas taxas de respostas aos estímulos odoríficos quando estes eram novos na sessão. Nos seus estudos anteriores, entretanto, quando os estímulos olfativos eram manuseados pelo experimentador, a precisão diminuía à medida que aumentava o número de odores. Os autores citaram como problemas que afetariam a precisão: a remoção manual dos roedores a cada tentativa (o que poderia gerar algum efeito) bem como a marcação do cheiro do estímulo no recipiente. A automação, então, garantiu que os ratos respondessem sob controle do odor do estímulo ao invés do cheiro da recompensa alimentar.

Esse exemplo ilustra que a automação do processo de coleta, bem como aprimoramentos em equipamentos experimentais promovem maior controle experimental, o que propicia maior confiabilidade dos dados coletados.

Em cada um destes experimentos variáveis relevantes foram isoladas e estudadas separadamente, o que possibilitou maior controle experimental com eliminação de variáveis externas (Sidman, 1960). Os resultados destes experimentos em conjunto permitiram, além de conhecer variáveis importantes que afetam o controle experimental, identificar limitações e problemas para a realização de estudos futuros. Os aprimoramentos dos equipamentos, bem como os parâmetros da duração do reforço e dos esquemas (VR e VI) foram descobertas importantes que podem ser utilizadas futuramente na investigação de um protocolo experimental de linha de base de comportamento estável para o estudo do efeito de variáveis que afetam o comportamento de abelhas (e. g., agrotóxicos) e o estudo de processos comportamentais básicos (e. g., aprendizagem discriminativa).

Estudos envolvendo abelhas sem ferrão e agrotóxicos (Domingues et al., 2023; Farder-Gomes et al., 2024; Miotelo et al., 2022; Souza et al., 2024) têm grande importância ecológica, haja vista a atual dizimação desta população de insetos em consequência do uso indiscriminado de agrotóxicos, o que em larga escala afetará a produção de alimentos para a população mundial e conservação ambiental, já que as abelhas são um dos principais animais polinizadores. Sendo assim, uma possível pesquisa em interface com a disciplina biológica e neurociências poderia investigar o comportamento de abelhas, bem como mudanças no seu sistema nervoso central, ao exporem-nas aos esquemas de reforçamento e diferentes dosagens subletais de agrotóxicos. O responder da abelha poderia ser precisamente registrado (com respostas confirmatórias de escolha) se as abelhas fossem expostas às contingências de reforçamento, o que permitiria uma avaliação do impacto ambiental que o uso de agrotóxicos tem no comportamento da abelha e na vida e saúde da colmeia.

Estudos envolvendo processos comportamentais básicos poderiam se beneficiar de uma medida precisa do responder ao implementar esquemas de reforçamento nas linhas de base, o que possibilitaria investigar as variáveis que afetam as aprendizagens discriminativas simples e condicional, bem como o responder relacional (foco de estudo da linha de pesquisa do LPA - Moreno et al., 2005; Moreno et al., 2007 Moreno et al., 2012; Moreno, et al., 2014; Penha & de Souza, s.d.; Scienza et. al., 2019).

O estudo do desempenho de abelhas em esquemas de reforçamento (como foi estudado no presente trabalho) e aprimoramento do equipamento automático também poderia contribuir para o desenvolvimento do laboratório didático animal, ao utilizar abelhas (e não ratos ou pombos) para o ensino de processos comportamentais básicos em disciplinas de análise experimental do comportamento nas práticas de laboratório. Este modelo mais se aproximaria do ambiente natural do indivíduo, tendo em vista que as abelhas não ficam confinadas no laboratório (como ficam os ratos e pombos, sujeitos comumente utilizados) e são livres para fazer o trajeto entre colmeia e aparato experimental. Além disso, não necessitam de cuidados especiais, tais como privação alimentar, o que facilita o trabalho com elas. Tendo em vista as atuais exigências dos comitês de ética em pesquisa animal, utilizar abelhas como modelo animal no estudo de processos comportamentais básicos seria muito viável.

Este estudo apresenta algumas limitações específicas que já foram relatadas em cada experimento descrito, bem como sugestões para estudos futuros (e. g., maior número de sujeitos e de sessões; mudanças nos critérios de estabilidade), porém, apresenta também limitações em comum a cada experimento que dependem do aprimoramento do aparato experimental. Uma das limitações refere-se ao cálculo do tempo de consumo para uma medida mais precisa da taxa de respostas, outra refere-se à análise da pausa pós reforço e do tempo de viagem de ida e volta da abelha à colmeia (veja sugestões nos

Experimentos 2 e 3). Todas estas modificações ao serem incluídas no aparato e programação possibilitaria uma análise descritiva mais precisa dos dados, o que forneceria mais detalhes das tendências do responder com o passar do tempo de forrageamento.

A fim de identificar o desempenho ótimo nos esquemas VR e VI, o presente estudo também poderia se beneficiar de uma análise da função de feedback, que descreve a relação entre a taxa de reforçamento a ser obtida em função da taxa de respostas emitida pelo organismo. Assim, propõe-se uma inversão entre variável dependente e variável independente, onde a taxa de reforços ocupa o lugar da taxa de respostas (Baum, 1981; Menezes et al., 2021; Silveira et al., 2023). Ao identificar a taxa de respostas possível da abelha, a função de feedback possibilitaria identificar a eficiência da abelha na produção de reforços ou possíveis limitações. Por exemplo, considerando os dados descritos nas Figuras 26 e 27, nas quais não foi observado um crescimento muito expressivo da taxa de reforços à medida que aumenta o tamanho do VI médio, com a função de feedback seria possível identificar se isso ocorre por uma limitação do ambiente ou da programação ou, ainda pelo desempenho do sujeito.

Apesar das limitações relatadas, este trabalho apresentou a contribuição do uso das respostas operantes de pressão à barra e de deslocamento de alavanca em aparatos automatizados, para investigar a aprendizagem operante de meliponas e a sua manutenção sob esquemas de razão e de intervalo.

Além dos objetivos relatados em cada experimento, a ampliação das pesquisas para melhor compreender o comportamento das abelhas é importante para aprimorar o estudo das variáveis que afetam a aprendizagem operante, mas, sobretudo pela importância que esses insetos têm para a vida humana, no que concerne, por exemplo, à

produção de alimentos e pelas ameaças que o ambiente natural (e. g., agrotóxicos) vem impondo à conservação da vida das abelhas.

Referências

- Alem, S., Perry, C. J., Zhu, X., Loukola, O. J., Ingraham, T., Søvik, E., & Chittka, L. (2016). Associative mechanisms allow for social learning and cultural transmission of string pulling in an insect. *PLOS Biology*, *14*, 1-28. <https://doi:10.1371/journal.pbio.1002564>
- Baum, W. M. (1981). Optimization and the matching law as accounts of instrumental behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *36*(3), 387–403. doi:10.1901/jeab.1981.36-387
- Baum, W. M. (1993). Performances on ratio and interval schedules of reinforcement: Data and theory. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *59*(2), 245–264. <https://doi.org/10.1901/jeab.1993.59-245>
- Baum, W. M., & Grace, R. C. (2020). Matching theory and induction explain operant performance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. doi:10.1002/jeab.583
- Biscassi, N. R., Moreno, A. M., & de Souza, D. G. (2015). *Investigação de controle discriminativo por elementos de um estímulo visual composto em abelhas (Melipona quadrifasciata)*. Relatório de Iniciação Científica CNPq/PIBIC. UFSCar: São Carlos.
- Bitterman, M. E., Menzel, R., Fietz, A., & Schäfer, S. (1983). Classical conditioning of proboscis extension in honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of Comparative Psychology*, *97*(2), 107–119. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.97.2.107>
- Bizo, L. A., & Killeen, P. R. (1997). Models of ratio schedule performance. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *23*(3), 351–367. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.23.3.351>
- Bourret, J., & Pietras, C. (2013). Visual analysis in single-case research. Em G. J. Madden, W. V. Dube, T. D. Hackenberg, G. P. Hanley & K. A. Lattal (Eds.), *APA handbook of behavior analysis, Vol. 1: Methods and principles* (pp. 199-217). Washington, DC: APA.

- Cabirol, A., & Haase, A. (2019). The Neurophysiological bases of the impact of neonicotinoid pesticides on the behaviour of honeybees. *Insects*, *10*(10), 344. <https://doi:10.3390/insects10100344>
- Catania, A. C. (1963). Concurrent performances: a baseline for the study of reinforcement magnitude. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *6*(2), 299–300. <https://doi:10.1901/jeab.1963.6-299>
- Catania, A. C. (1998). *Aprendizagem: Comportamento, Linguagem e Cognição*. Porto Alegre: Artmed.
- Catania, A. C., & Reynolds, G. S. (1968). A quantitative analysis of the responding maintained by interval schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *11*(3 Pt 2 Suppl), 327–383. <https://doi.org/10.1901/jeab.1968.11-s327>
- Carli, M. R. (1977). *A resposta de escolha de acordo com o modelo em abelhas: um procedimento*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Clark, F. C. (1958). The effect of deprivation and frequency of reinforcement on variable-interval responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *1*(3), 221–228. <https://doi.org/10.1901/jeab.1958.1-221>
- Couto, K. C. (s.d.). *Behavioral toxicology of bumblebee behavior*.
- de Carvalho, L. C., dos Santos, L., Regaço, A., Barbosa, T. B., da Silva, R. F., de Souza, D. G., & Sandaker, I. (2018). Cooperative responding in rats maintained by fixed and variable-ratio schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *110*(1), 105-126. <https://doi.org/10.1002/jeab.457>.
- de Carvalho, L. C., dos Santos, L., Regaço, A., Couto, K. C., de Souza, D. G., Todorov, J. C. (2020). Cooperative responding in rats: II. Performance on fixed-ratio schedules of mutual reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *114*(3), 291-307. <https://doi.org/10.1002/jeab.628>

- Domingues, C. E. C., Inoue, L. V. B., Gregorc, A., Ansaloni, L. S., Malaspina, O. & Silva-Zacarin, E. C. M. (2023). Ultrastructural changes in the midgut of Brazilian native stingless bee *Melipona scutellaris* exposed to fungicide pyraclostrobin. *Toxics*, 2. <https://doi.org/10.3390/toxics11121028>
- dos Santos, L., Lima, M. A. K. F., da Silva, R. F., de Souza, D. G., & de Carvalho, L. C. (2023). Coordinated and individual responding in pairs of rats under variable interval schedules. *Learning and Motivation*, 83(2), <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2023.101909>
- Dyer, A. G., & Neumeyer, C. (2005). Simultaneous and successive colour discrimination in the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Comparative Physiology A*, 191, 547-557. <https://doi:10.1007/s00359-005-0622-z>
- Escobar, R., & Santillán, N. (2017). New technologies applied to operant research: inexpensive photocells for the arduino-visual basic interface. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 43, 242-253. <https://doi:10.5514/rmac.v43.i2.62315>
- Farder-Gomes, C. F., Grella, T. C., Malaspina, O. & Nocelli, R. F. C. (2024). Exposure to sublethal concentrations of imidacloprid, pyraclostrobin, and glyphosate harm the behavior and fat body cells of the stingless bee *Scaptotrigona postica*. *Science of the Total Environment*, 907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168072>
- Ferster, C. B., Culbertson, S., & Boren, M. C. P. (1979). *Princípios do comportamento* (2ª ed.). São Paulo: Hucitec. (Originalmente publicado em 1968).
- Ferster, C. B. & Skinner, B. F. (1957). *Schedules of Reinforcement*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Fleshler, M., & Hoffman, H. S. (1962). A progression for generating variable-interval schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 5(4), 529–530. <https://doi.org/10.1901/jeab.1962.5-529>

- Foster, T. A., & Hackenberg, T. D. (2004). Unit price and choice in a token-reinforcement context. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 81(1), 5-25. <https://doi:10.1901/jeab.2004.81-5>
- Galizio, M., & Bruce, K. (2020). Sucessive incrementing non – matching – to – samples in rats: An automated version of the odor span task. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*. 1-8. <https://doi.org/10.1002/jeab.619>
- Garcia, L., Saraiva Garcia, C. H., Calábria, L. K., Costa Nunes da Cruz, G., Sánchez Puentes, A., Bão, S. N., ... Valle de Sousa, M. (2009). Proteomic Analysis of Honey Bee Brain upon Ontogenetic and Behavioral Development. *Journal of Proteome Research*, 8(3), 1464–1473. <https://doi:10.1021/pr800823r>
- Gentry, G. D., & Eskew, R. T. (1984). Graded differential reinforcement: Response-dependent reinforcer amount. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41(1), 27–34. <https://doi:10.1901/jeab.1984.41-27>
- Giurfa, M., Zhang, S., Jenett, A., Menzel, R., & Srinivasan, M. V. (2001). The concepts of ‘sameness’ and ‘difference’ in an insect. *Nature*, 410, 930-932. <https://doi:10.1038/35073582>
- Grimaldi, D., & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the insects*. New York: Cambridge University Press.
- Grossmann, K. E. (1973). Continuous, fixed-ratio and fixed-interval reinforcement in honeybees. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 105-109. <https://doi:10.1901/jeab.1973.20-105>
- Guimarães Silva, A. G., Carvalho, G. C., Miranda, A. C., Contrera, F. A., & Rego, M. M. (2021). Temporal memory in foraging of the stingless bee *Melipona subnitida* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology*, 68(2), 1-9. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i2.5863>

- Hammer, M. (1993). An identified neuron mediates the unconditioned stimulus in associative olfactory learning in honeybees. *Nature*, 366(6450), 59–63. <https://doi.org/10.1038/366059a0>
- Hammer, M. (1997). The neural basis of associative reward learning in honeybees. *Trends in Neurosciences*, 20(6), 245–252. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)01019-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)01019-3)
- Hearst, E. (1958). The behavioral effects of some temporally defined schedules of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1(1), 45–55. <https://doi.org/10.1901/jeab.1958.1-45>
- Hernández, L. G. (2009). *Análise proteômica aplicada à ontogenia, comportamento e aprendizagem em abelhas*. Tese de Doutorado, Universidade Brasília, Brasília.
- Hernández, L. G., Lu, B., da Cruz, G. C. N., Calábria, L. K., Martins, N. F., Togawa, R., ... de Sousa, M. V. (2012). Worker Honeybee Brain Proteome. *Journal of Proteome Research*, 11(3), 1485–1493. <https://doi.org/10.1021/pr800823r>
- Hernández, L. G, Garcia, C. H. S., Souza, J. M.F., Cruz, G. C.N., Calábria, L. K., ..., Sousa, M. V. (2023). Study of *Melipona quadrifasciata* brain under operant learning using proteomic and phosphoproteomic analysis. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 95, 1-12. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320201317>
- Herrnstein, R. J. (1961). Relative and absolute strength of response as a function of frequency of reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4(3), 267–272. <https://doi.org/10.1901/jeab.1961.4-267>
- Hölldobler, H., & Wilson, E. O. (2009). *The superorganism: the beauty, elegance and strangeness of insect societies*. New York: Norton Press.
- Howard, S. R., Avarguès-Weber, A., Garcia, J. E., Greentree, A. D., & Dyer, A. G. (2019a). Numerical cognition in honeybees enables addition and subtraction. *Science Advances*, 5(2), eaav0961. <https://doi:10.1126/sciadv.aav0961>

- Howard, S. R., Avarguès-Weber, A., Garcia, J. E., Greentree, A. D., & Dyer, A. G. (2019b). Symbolic representation of numerosity by honeybees (*Apis mellifera*): matching characters to small quantities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286(1904), 20190238. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.0238>
- Hulicka, I. M. (1960). Combination of drive and incentive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 185–189. <https://doi.org/10.1080/17470216008416723>
- Jenkins, W. O., & Clayton, F. L. (1948). Rate of responding and amount of reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 42(3), 174–181 <https://doi:10.1037/h0055036>
- Kapheim, K. M., Pan, H., Li, C., Salzberg, S. L., Puiu, D., Magoc, T., ... Fischman, B. J. (2015). Genomic signatures of evolutionary transitions from solitary to group living. *Science*, 348(6239), 1139–1143. <https://doi:10.1126/science.aaa4788>
- Keesey, R. E., & Kling, J. W. (1961). Amount of reinforcement and free-operant responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 4(2), 125–132. <https://doi:10.1901/jeab.1961.4-125>
- Kelleher, R. T. (1966). Conditioned reinforcement in second-order schedules. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 9(5), 475–485. <https://doi:10.1901/jeab.1966.9-475>
- Keller, F. S., & Schoenfeld, W. N. (1974). *Princípios de psicologia* (5ª ed.). São Paulo: EPU. (Originalmente publicado em 1950).
- Killeen, P. (1969). Reinforcement frequency and contingency as factors in fixed-ratio behavior. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12(3), 391–395. <https://doi.org/10.1901/jeab.1969.12-391>
- Lichtenstein, L. (2017). *Color vision and retinal development of the compound eye in bees*. Tese de doutorado, Universidade de Würzburgo, Würzburgo.

- Loukola, O. J., Perry, C. J., Coscos, L., & Chittka, L. (2017). Bumblebees show cognitive flexibility by improving on an observed complex behavior. *Science*, *355*, 833–836. <https://doi:10.1126/science.aag2360>
- McIlvane, W. J., Wilkinson, K. M., & de Souza D. G. (2000). As origens da exclusão. *Temas em Psicologia*, *8*, 195-203.
- Menezes, C. (2020). *Meliponicultura Aspectos Biológicos*. EdUnitau.
- Menezes, T. C., Portella, B. S., Benvenuti, M. F., & Siqueira, J. O. (2021). Análise quantitativa do comportamento: interfaces entre psicologia e economia no estudo de escolha e tomada de decisão. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, *28*, 1-19. <https://doi:10.31505/rbtcc.v23i1.1518>
- Michael, J. (1982). Distinguishing between discriminative and motivational functions of stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *37*, 149-155. <https://doi.org/10.1901/jeab.1982.37-149>
- Michener, C. D. (2012). The Meliponini. *Pot-Honey*, 3–17. https://doi:10.1007/978-1-4614-4960-7_1
- Millenson, J. R. (1975). *Princípios de análise do comportamento*. Brasília: Coordenada. (Originalmente publicado em 1967)
- Miotelo, L., Ferro, M., Maloni, G., Otero, I. V. R., Nocelli, R. C. F., Bacci, M., & Malaspina, O. (2022). Transcriptomic analysis of malpighian tubules from the stingless bee *Melipona scutellaris* reveals thiamethoxam-induced damages. *Science of the Total Environment*, *850*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158086>
- Mitchell, E. A. D., Mulhauser, B., Mulot, M., Mutabazi, A., Glauser, G., & Aebi, A. (2017). A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science*, *358*(6359), 109–111 <https://doi:10.1126/science.aan3684>

- Moreno, A. M. (2007). *Treino discriminativo com aparelhos automáticos em abelhas (Melipona quadrifasciata)*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Moreno, A. M., Rocca, J. Z., Oliveira, L. M., & de Souza, D. G. (2005). Discriminações condicionais entre estímulos visuais e testes de simetria em meliponas. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 2, 207-229. <https://doi:10.18542/rebac.v1i2.1924>
- Moreno, A. M., de Souza, D. G., & Reinhard, J. (2012). A comparative study of relational learning capacity in honeybees (*Apis mellifera*) and stingless bees (*Melipona rufiventris*). *PLoS ONE*, 7, 1-7. <https://doi:10.1371/journal.pone.0051467>
- Moreno, A. M., Rocca, J. Z., & de Souza, D. G. (2014). Discriminações simples entre estímulos visuais e reversões sucessivas de discriminação em abelhas (*Melipona quadrifasciata*). *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 2, 175-186. <https://dx.doi.org/10.18542/rebac.v10i2.3481>
- Moyroud, E., Wenzel, T., Middleton, R., Rudall, P.J., Banks, H., Reed, A., Mellers, G., Killoran, P., Westwood, M. M., Steiner, U., Vignolini, S., & Glover, J. B. (2017). Disorder in convergent floral nanostructures enhances signalling to bees. *Nature*, 550, 469-474. <https://doi.org/10.1038/nature24285>
- Muth, F., & Leonard, A. S. (2019). A neonicotinoid pesticide impairs foraging, but not learning, in free-flying bumblebees. *Scientific Reports*, 9(1) <https://doi:10.1038/s41598-019-39701-5>
- Neuringer, A. J. (1967). Effects of reinforcement magnitude on choice and rate of responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 10(5), 417-424. doi:10.1901/jeab.1967.10-417
- Nogueira Neto, P. (1997). *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. São Paulo: Nogueirapis.

- Penha, L. Â. S., & de Souza, D. G. (s.d.). *Discriminação simples e reversões de discriminações em abelhas sem ferrão (Melipona quadrifasciata anthidioides): testes de controle por seleção e controle por rejeição.*
- Pessotti, I. (1961). Alcune misure di relazioni temporali in una discriminazione in *Melipona seminigra merrillae*. *Rassegna di Psicologia Generale e Clinica*, VI, 1-17.
- Pessotti, I. (1964a). Ragioni fisse successive in *Melipona seminigra merrillae*. *Rassegna di Psicologia Generale e Clinica*, VII, 1-7.
- Pessotti, I. (1964b). Estudo sobre aprendizagem e extinção de uma discriminação em *Apis mellifera*. *Jornal Brasileiro de Psicologia*, 1, 77-92.
- Pessotti, I. (1965a). Condicionamento de respostas sob diferentes razões fixas sucessivas em *Melipona seminigra merrillae*. *Jornal Brasileiro de Psicologia*, 1, 96-100.
- Pessotti, I. (1965b). Algumas medidas de relações temporais em uma discriminação em *Melipona seminigra merrillae*. *Jornal Brasileiro de Psicologia*, II, 11-25.
- Pessotti, I. (1967a). Aprendizagem de discriminação como critério de classificação de abelhas. *Revista Interamericana de Psicologia*, 1, 177-187.
- Pessotti, I. (1967b). Inversões de discriminação com dois “manipulanda” em *Melipona (M) rufiventris*. *Revista de Psicologia Normal e Patológica*, 3, 171-182.
- Pessotti, I. (1969). *Discriminação em Melipona (Micherenia) rufiventris lepertier*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Pessotti, I. (1971). Come apprendono le api, *Le Scienze*, 6, 11-21.
- Pessotti, I. (1972). Discrimination with light stimuli and a lever-pressing response in *Melipona rufiventris*. *Journal of Apicultural Research*, 2, 89-93.
- Pessotti, I., & Carli-Gomes, M. J. (1981). Aprendizagem em abelhas. III: Discriminação com três tipos de estímulos visuais. *Revista Brasileira de Biologia*, 3, 667-672.

- Pessotti, I., & Lé'Sénéchal, A. M. (1981). Aprendizagem em abelhas. Discriminação simples em onze espécies, *Acta Amazonica*, 3, 653-658.
- Piironen, S. & Goulson, D. (2016). Chronic neonicotinoid pesticide exposure and parasite stress differentially affects learning in honeybees and bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1828), 20160246. <https://doi:10.1098/rspb.2016.0246>
- Rachlin, H., & Baum, W. M. (1969). Response rate as a function of amount of reinforcement for a signalled concurrent response. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 12(1), 11–16. <https://doi:10.1901/jeab.1969.12-11>
- Reser, D. H., Wijsekara Witharanage, R., Rosa, M. G., & Dyer, A. G. (2012). Honeybees (*Apis mellifera*) learn color discriminations via differential conditioning independent of long wavelength (green) photoreceptor modulation. *PLoS One*, 7(11), <https://doi:10.1371/journal.pone.0048577>
- Roenneberg, T., Daan, S., & Merrow, M. (2003). The art of entrainment. *Journal of Biological Rhythms*, 18(3), 183–194. <https://doi.org/10.1177/0748730403018003001>
- Rosser, N. C. (2015). *Construção e avaliação de equipamento de baixo custo para análise experimental de comportamento de sujeitos não humanos*. Dissertação de mestrado, Universidade São Paulo, São Paulo.
- Scienza, L., de Carvalho, M. P., Machado, A., Moreno, A. M., Biscassi, N., & de Souza, D. G. (2019). Simple discrimination in stingless bees (*Melipona quadrifasciata*): probing for select- and reject-stimulus control, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 112, 74-87. <https://doi:10.1002/jeab.531>
- Sidman, M. (1960). *Tactics of scientific research*. Boston (MA): Authors Cooperative.
- Silveira, P. S. P., Siqueira, J. O., Bernardy, J. L., Santiago, J. Menezes, T. C., Portela, B. S., & Benvenuti, M. F. (2023). Modeling VI and VDRL feedback functions: Searching

normative rules through computational simulation. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 119, 324-336. <https://doi.org/10.1002/jeab.826>

Siviter, H., Koricheva, J., Brown, M. J. F., & Leadbeater, E. (2018). Quantifying the impact of pesticides on learning and memory in bees. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi:10.1111/1365-2664.13193>

Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis*. New York: Appleton-Century Company.

Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.

Skinner, B. F. (1966). An operant analysis of problem solving. In B. Kleinmuntz (Org.), *Problem solving: Research, method, and theory*.

Skinner, B. F. (1969). *Contingencies of reinforcement*. New York: Appleton-Century-Crofts.

Sokolowski, M. B. C., Disma, G., & Abramson, C. I. (2010). A paradigm for operant conditioning in flow flies (*Phormia Terrae Novae Robineau-Desvoidy*, 1830). *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 93, 81-89. <https://doi:10.1901/jeab.2010.93-81>

Souza, F. C., Miotelo, L., Maloni, G., Otero, I. V.R., Nocelli, R. C. F., & Malaspina, O. (2024) Thiamethoxam toxicity on the stingless bee *Friesio melitta varia*: LC50, survival time, and enzymatic biomarkers assessment. *Chemosphere*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142853>

Souza, L. C., Penha, L. Â. S., Couto, K. C., Severo, J. V. B. C., de Souza, D. G., & Todorov, J. C. (s.d.). *Cooperation in rats maintained by a progression of variable ratio*.

Staddon, J. E. R. (1970). Effect of reinforcement duration on fixed-interval responding. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 13(1), 9–11. <https://doi:10.1901/jeab.1970.13-9>

- Todorov, J. C., Hanna, E. S., & Bittencourt De Sá, M. C. N. (1984). Frequency versus magnitude of reinforcement: New data with a different procedure. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 41(2), 157–167. <https://doi:10.1901/jeab.1984.41-157>
- von Frisch, K. (1953). *The Dancing Bees: An Account of the Life and Senses of the Honey Bee*, New York: Harvest Books New York a translation of *Aus dem Leben der Bienen*, 5th revised edition, Springer Verlag.
- Zeiler, M. (1977). *Schedules of reinforcement: the controlling variables*. In: W. K. Honig & J. E. R. Staddon (Eds.), *Handbook of operant behavior* (pp. 201-232). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Winston, M. L. (1987). *The biology of the honey bee*. Cambridge: Harvard University Press.

ANEXO I – (Figuras 1 a 5) Abelhas que Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Experimento 2)

Figura 1

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR x e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K1. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

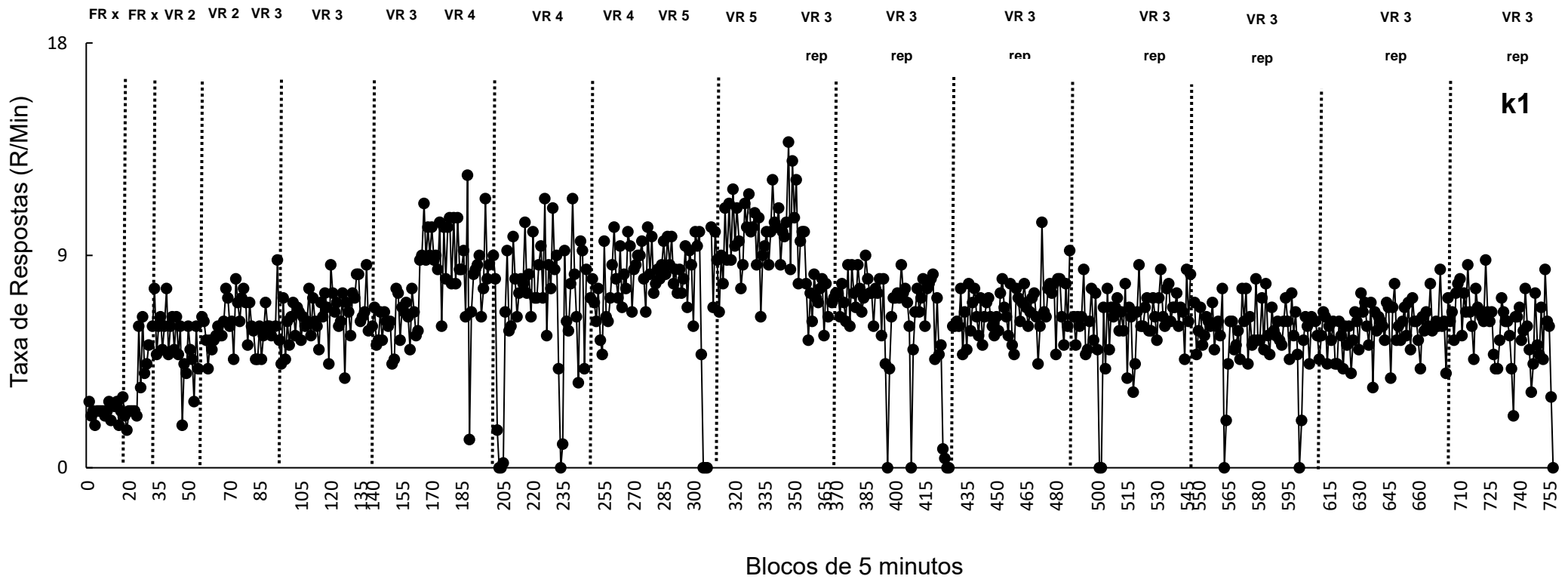


Figura 2

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR x e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K2. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

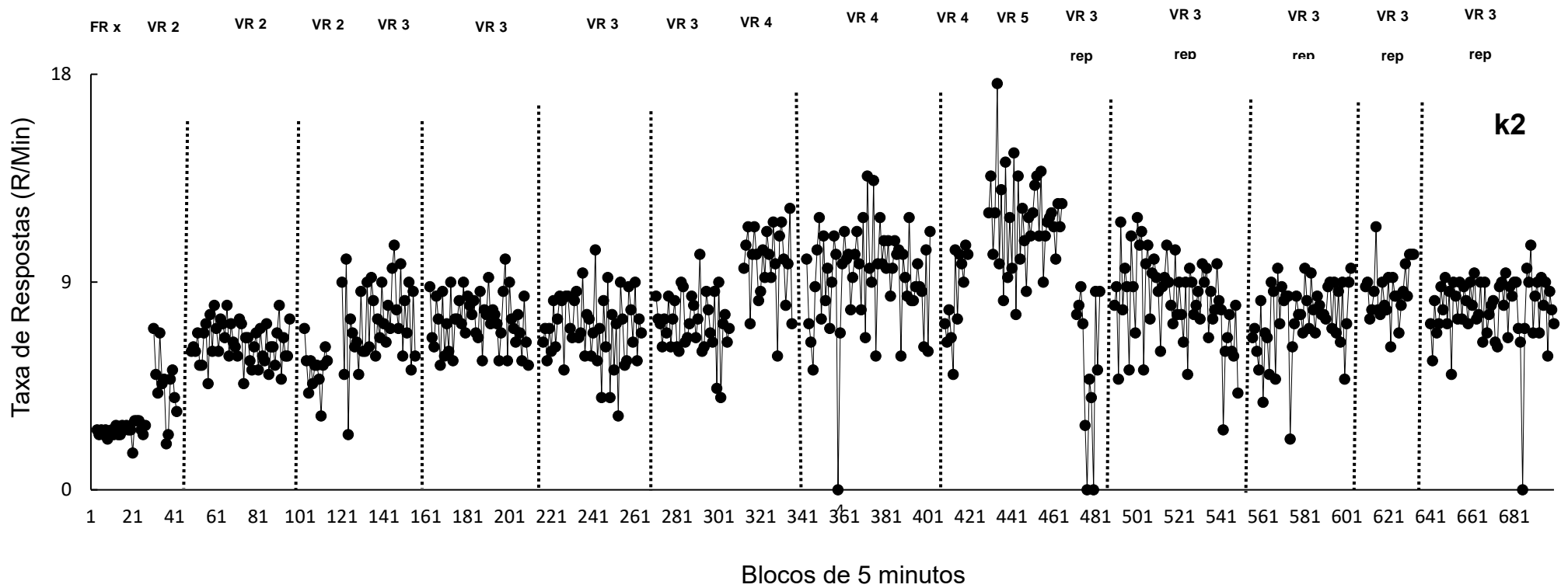


Figura 3

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR x e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K5. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

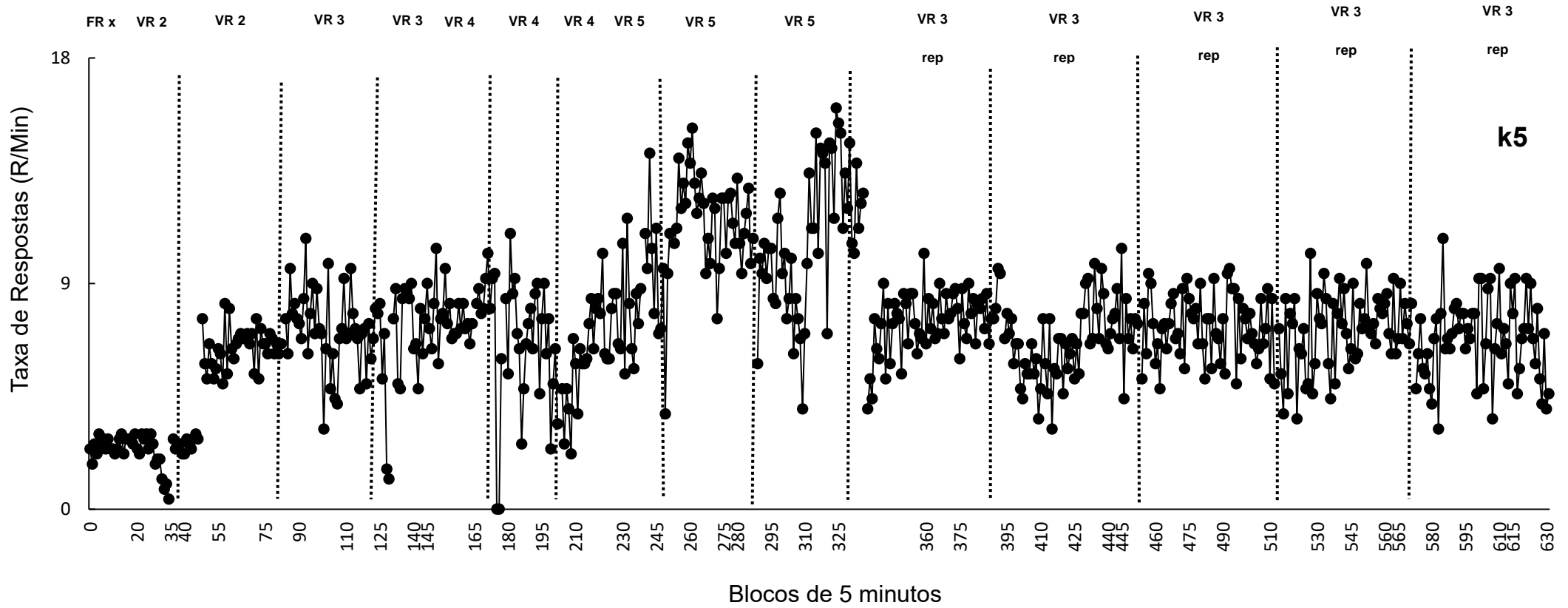


Figura 4

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR x e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K6. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

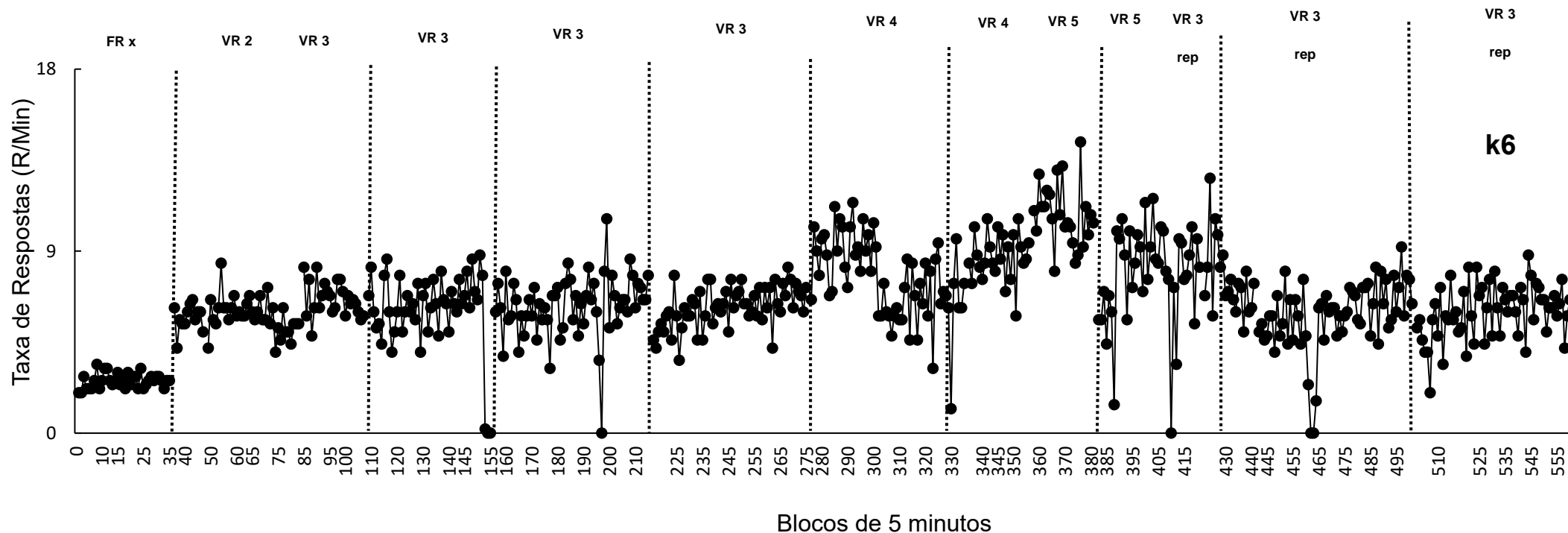
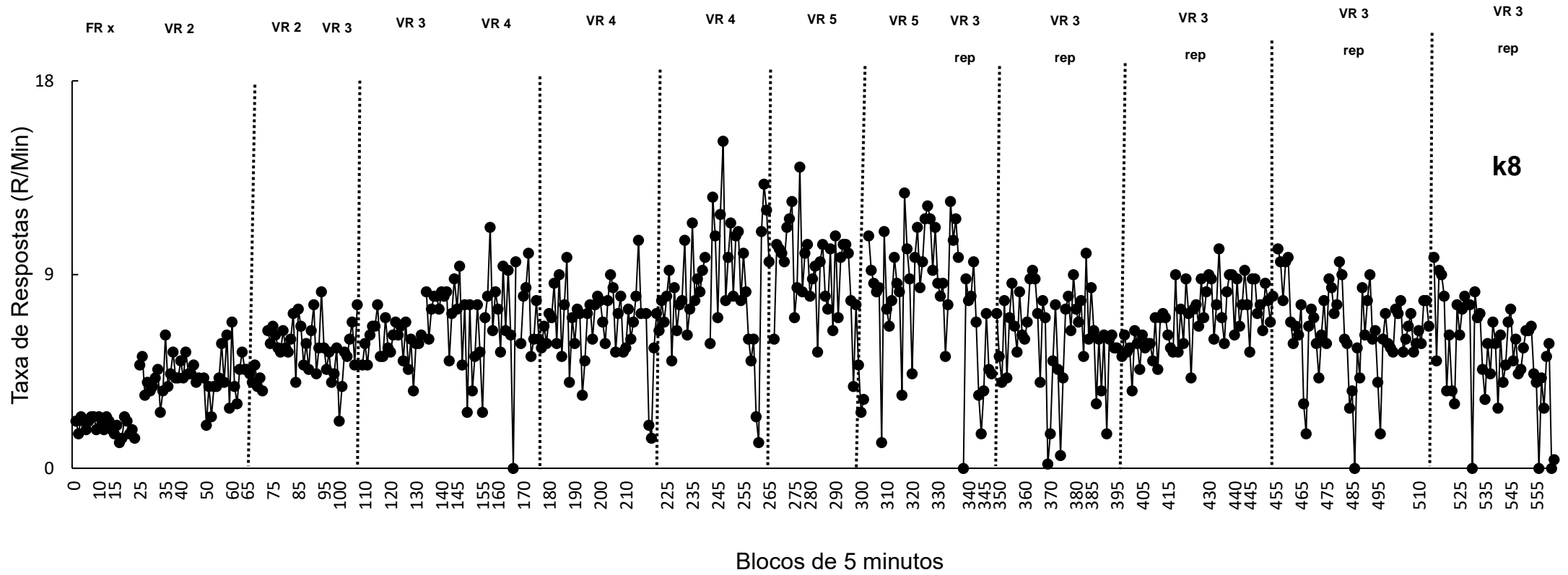


Figura 5

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR x e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K8. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 2 – (Figuras 6 a 10) Abelhas que Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Experimento 2)

Figura 6

Taxa de Respostas (R/Min) ao longo de blocos sucessivos de 15 minutos em FR1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K1. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

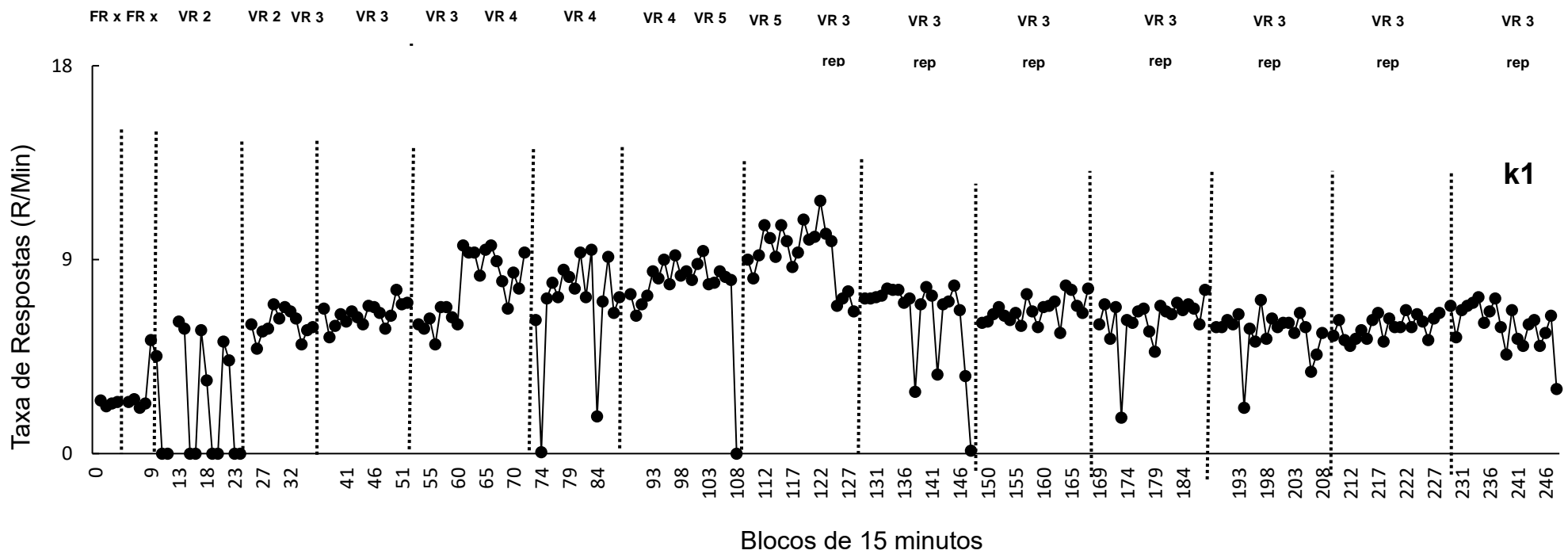


Figura 7

Taxa de Respostas (R/Min) ao longo de blocos sucessivos de 15 minutos em FR1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K2. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

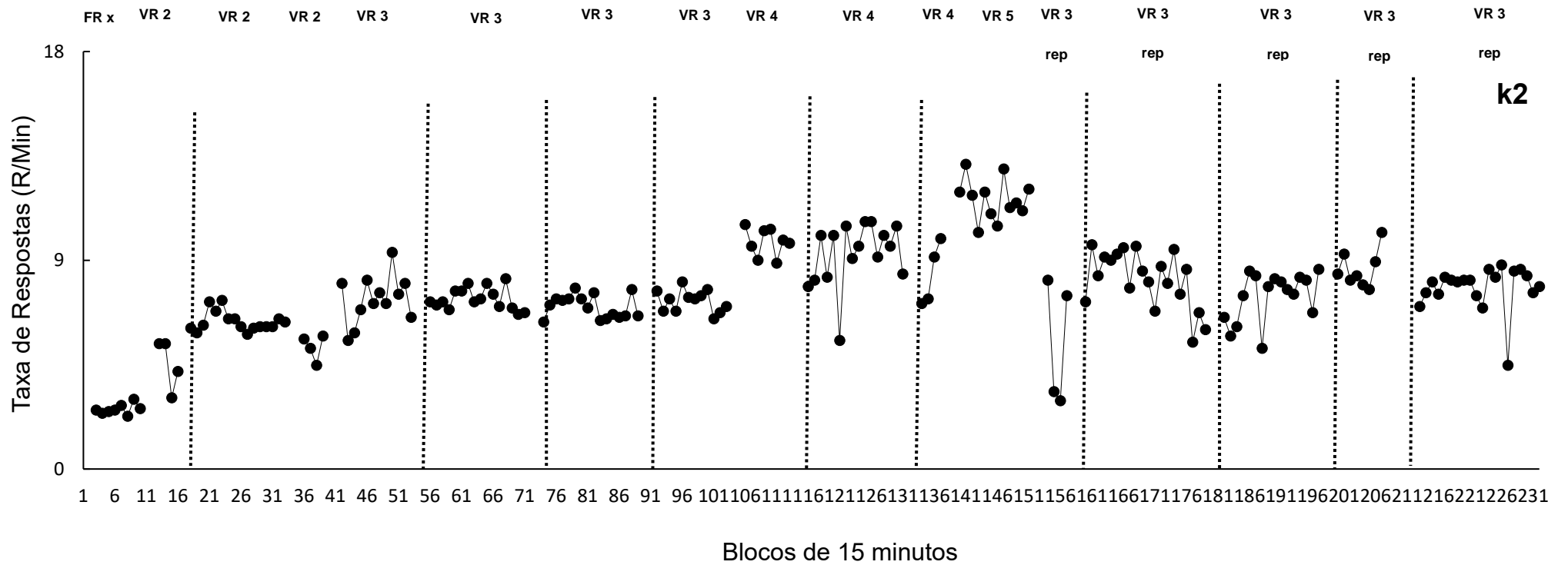


Figura 8

Taxa de Respostas (R/Min) ao longo de blocos sucessivos de 15 minutos em FR1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K5. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

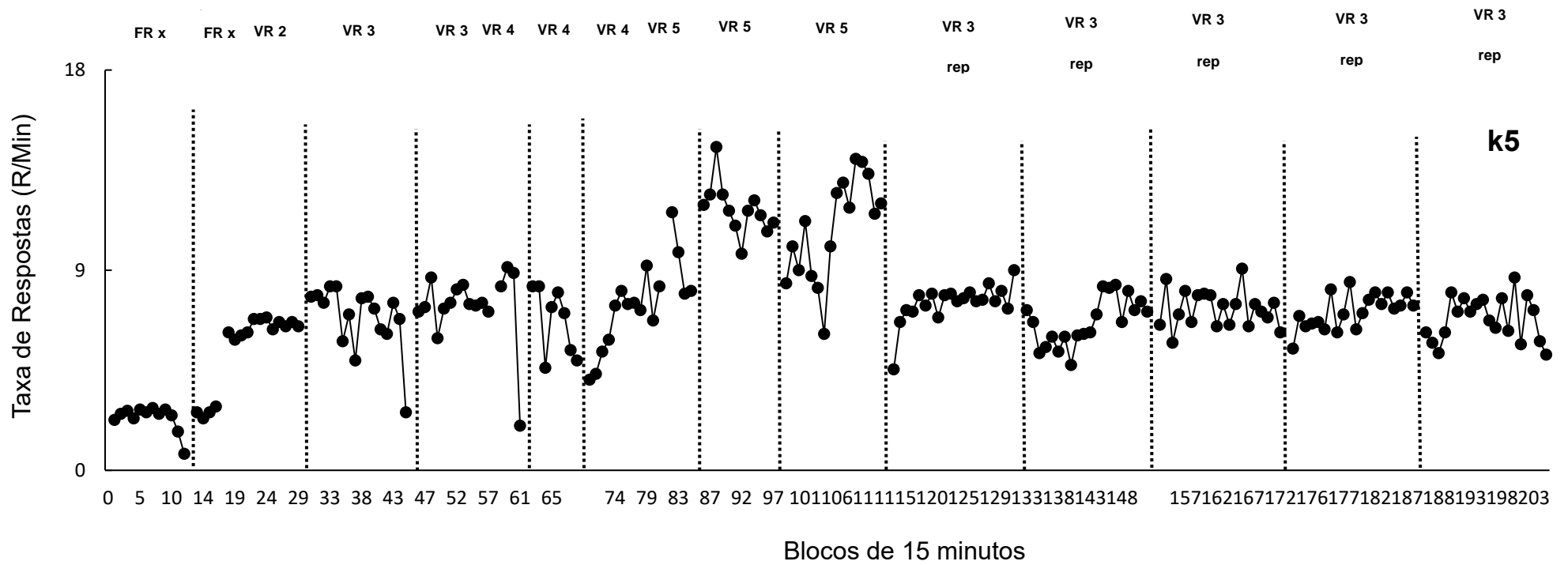


Figura 9

Taxa de Respostas (R/Min) ao longo de blocos sucessivos de 15 minutos em FR1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K6. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

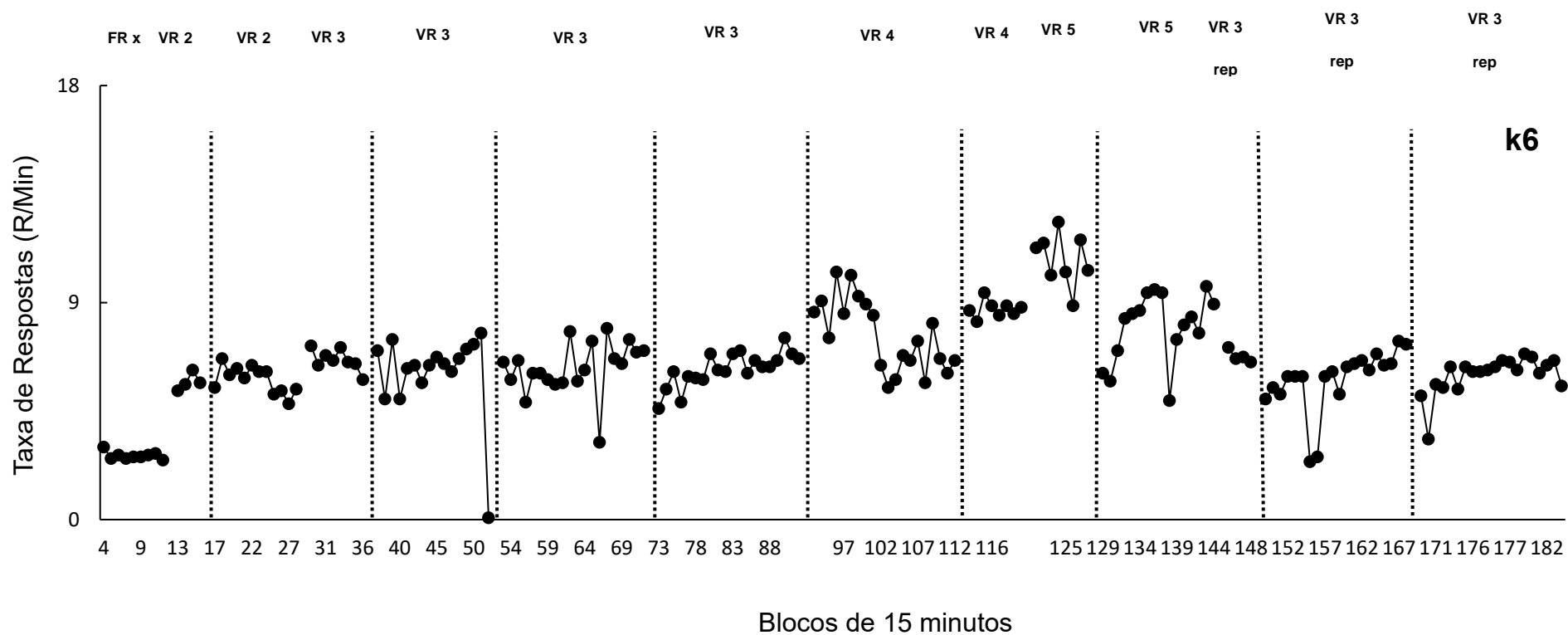
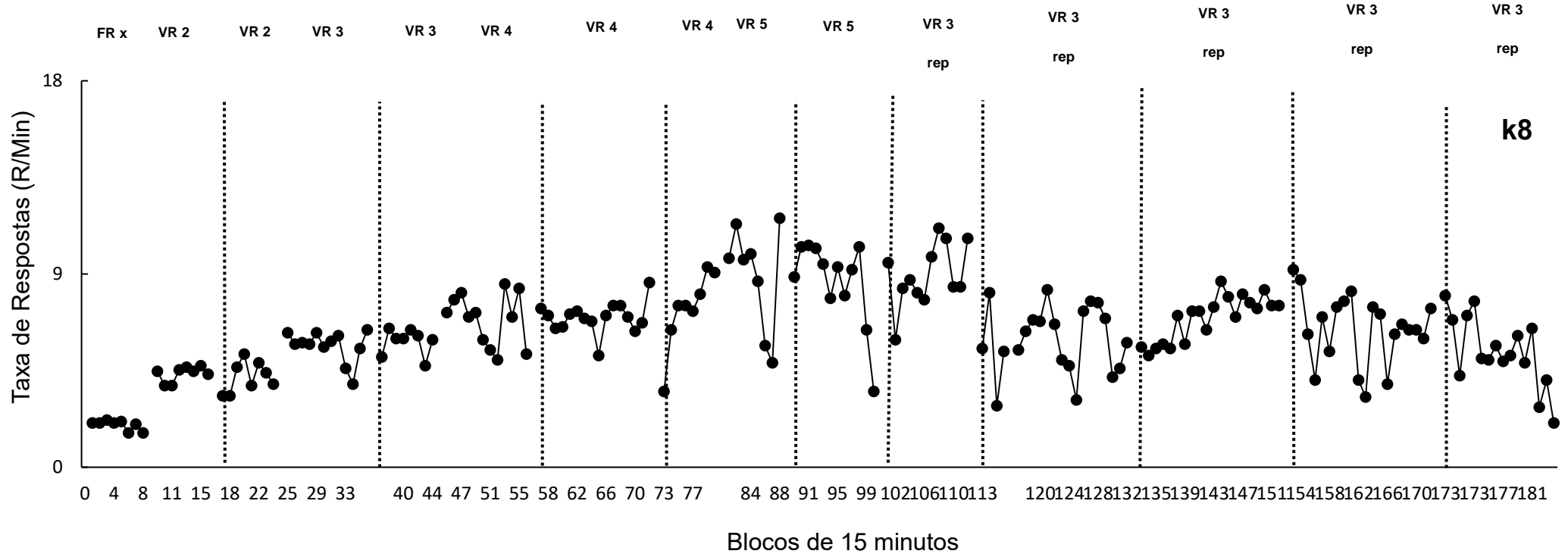


Figura 10

Taxa de Respostas (R/Min) ao longo de blocos sucessivos de 15 minutos em FRI e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K8. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 3 – (Figuras 11 a 13) Abelhas que Não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Experimento 2)

Figura 11

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K3. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

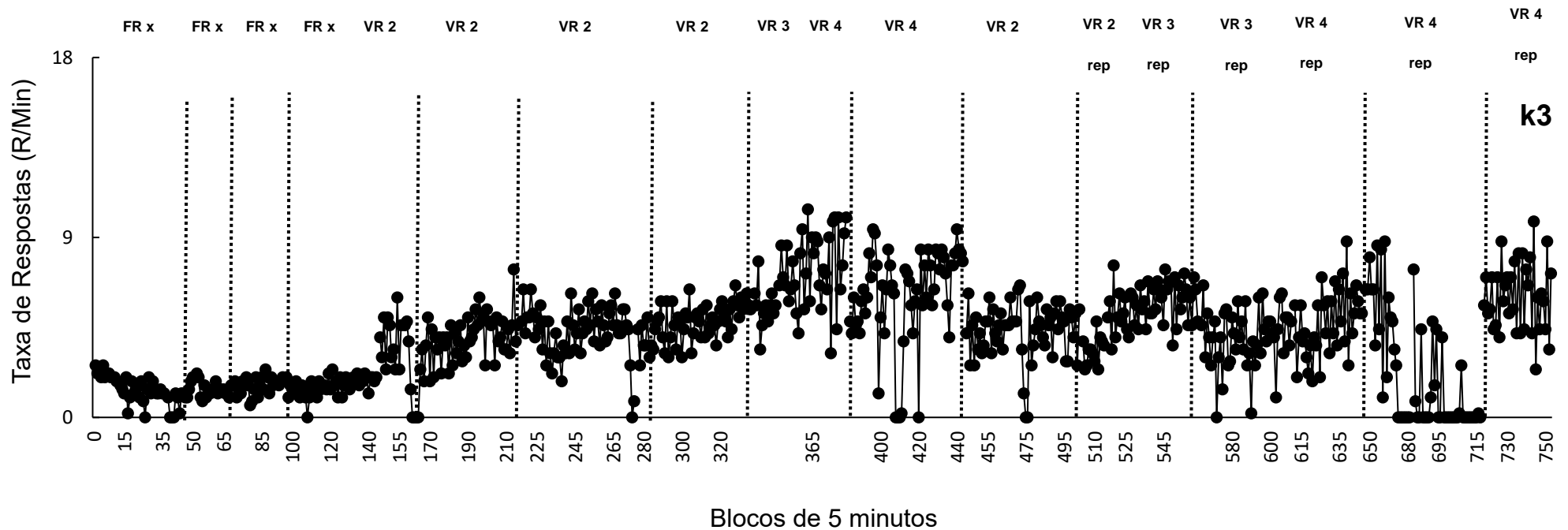


Figura 12

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K4. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

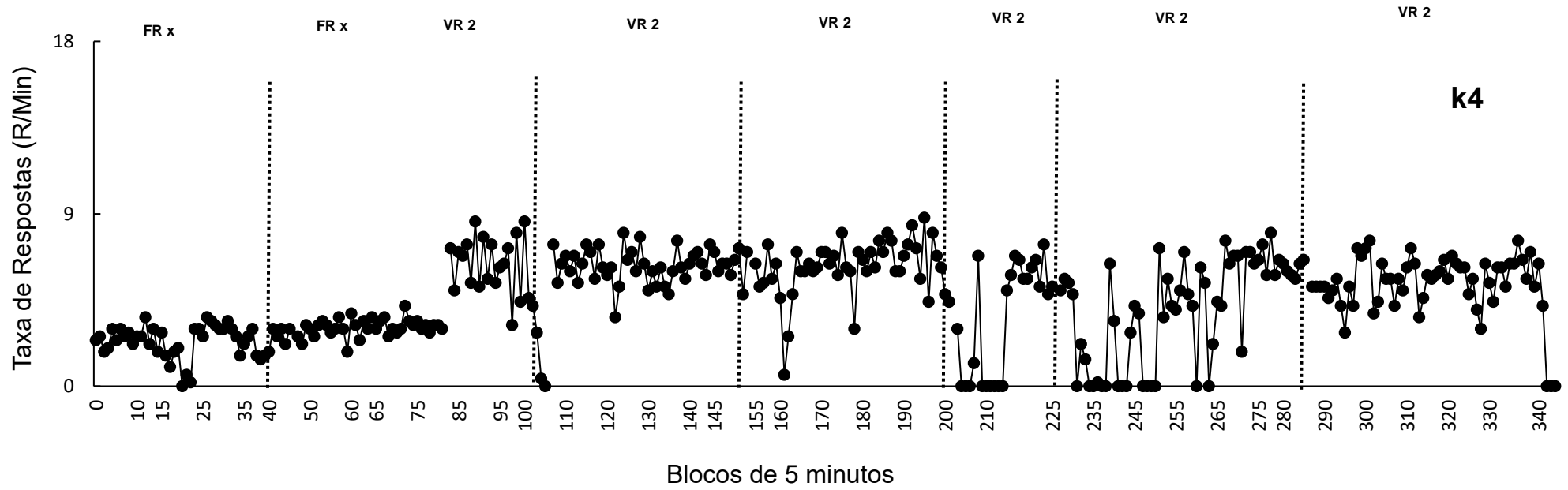
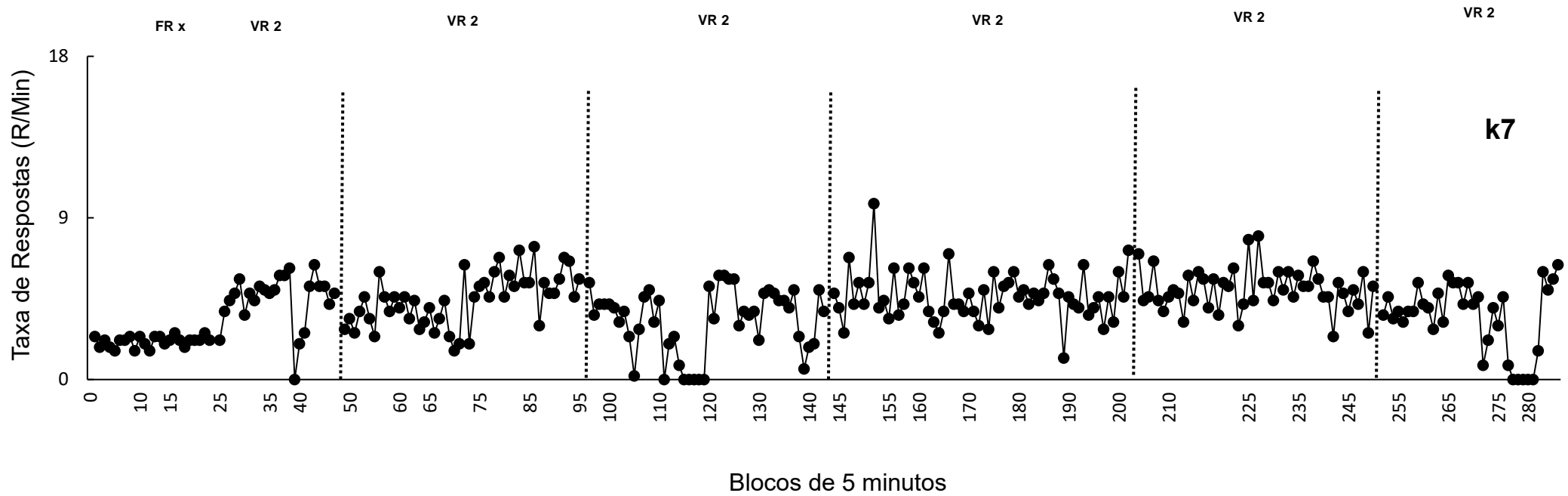


Figura 13

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K7. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 4 – (Figuras 14 a 16) Abelhas que Não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Experimento 2)

Figura 14

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K3. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

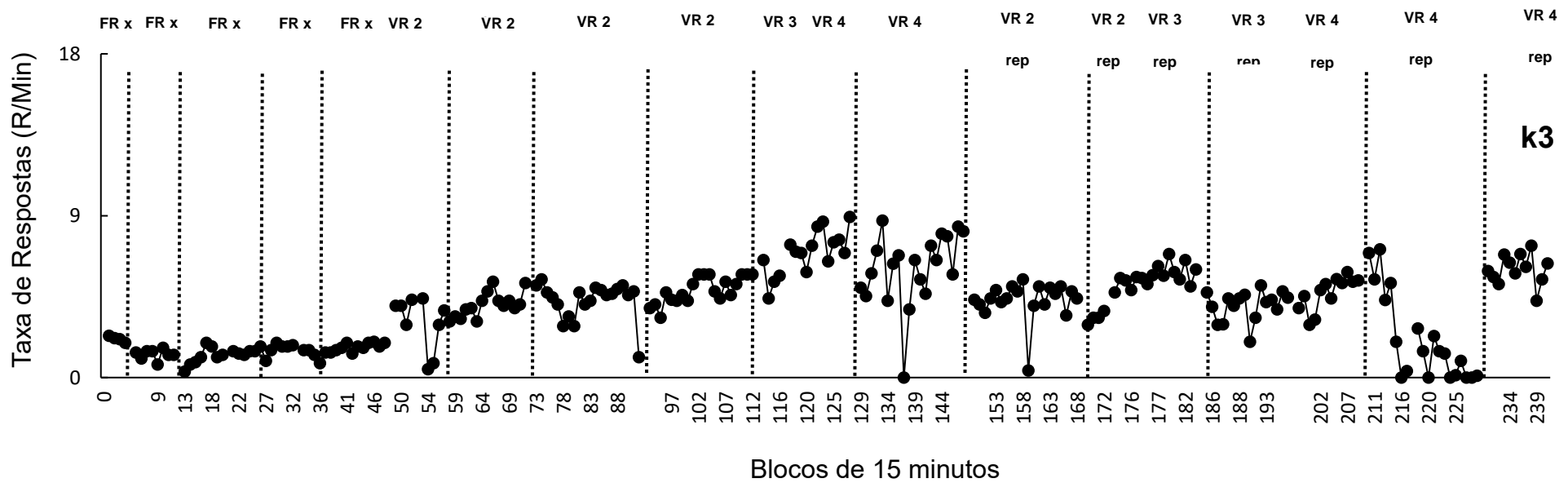


Figura 15

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K4. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

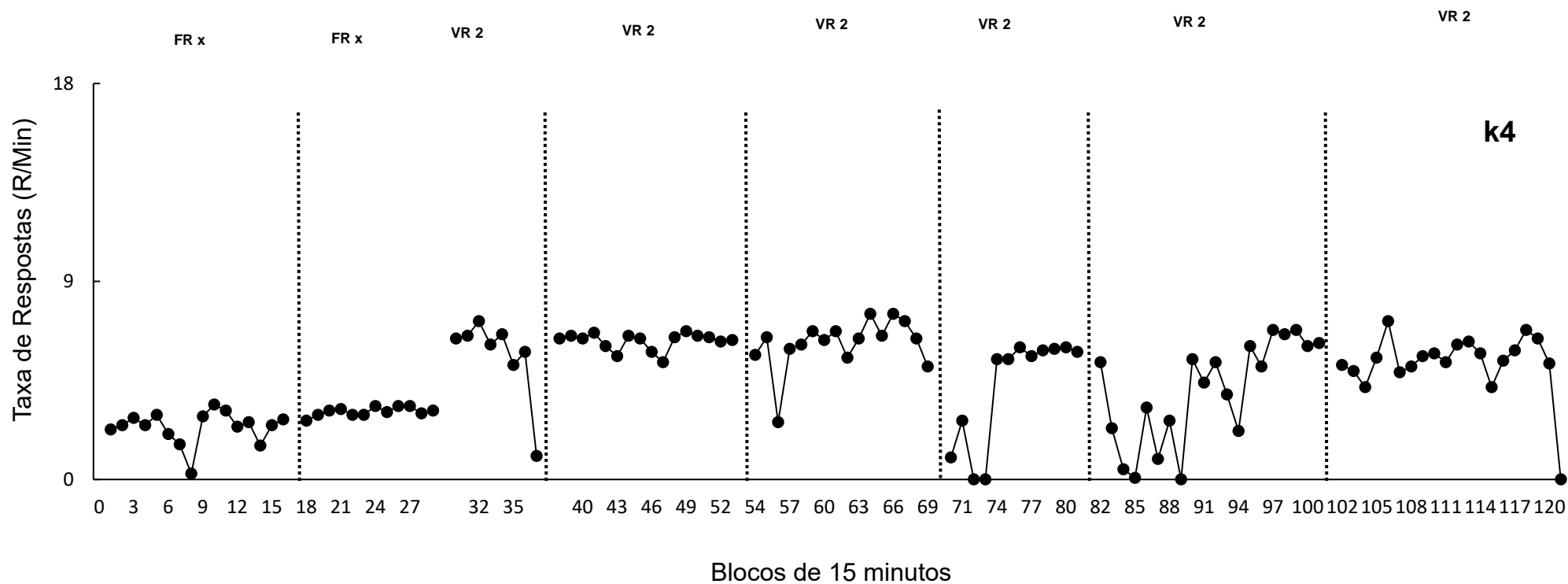
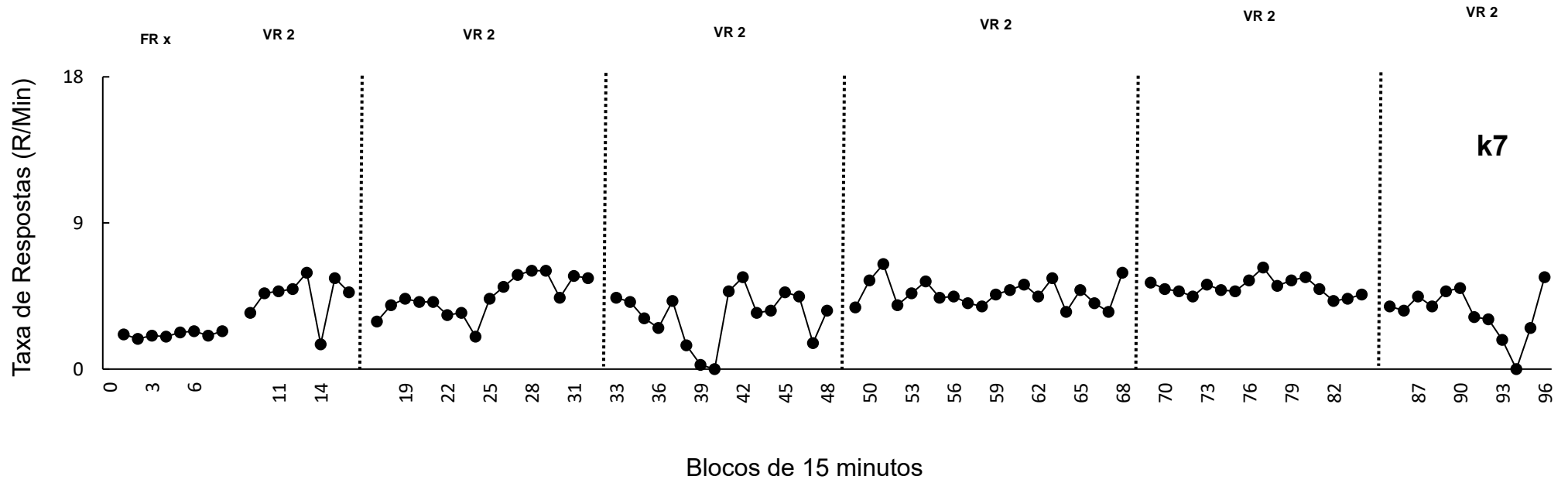


Figura 16

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Razão Variável para a Abelha K7. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 5 – (Figuras 17 a 19) Abelhas que Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Aparato 1) (Experimento 3)

Figura 17

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A2. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

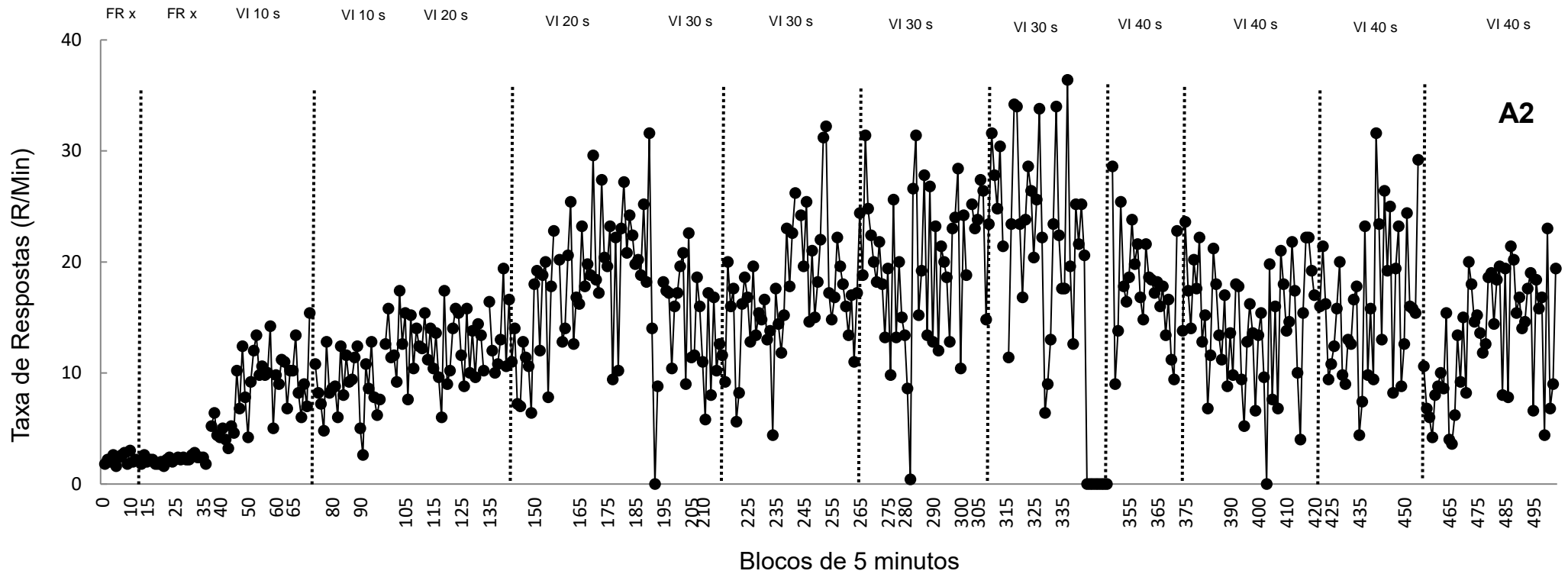


Figura 18

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A4. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

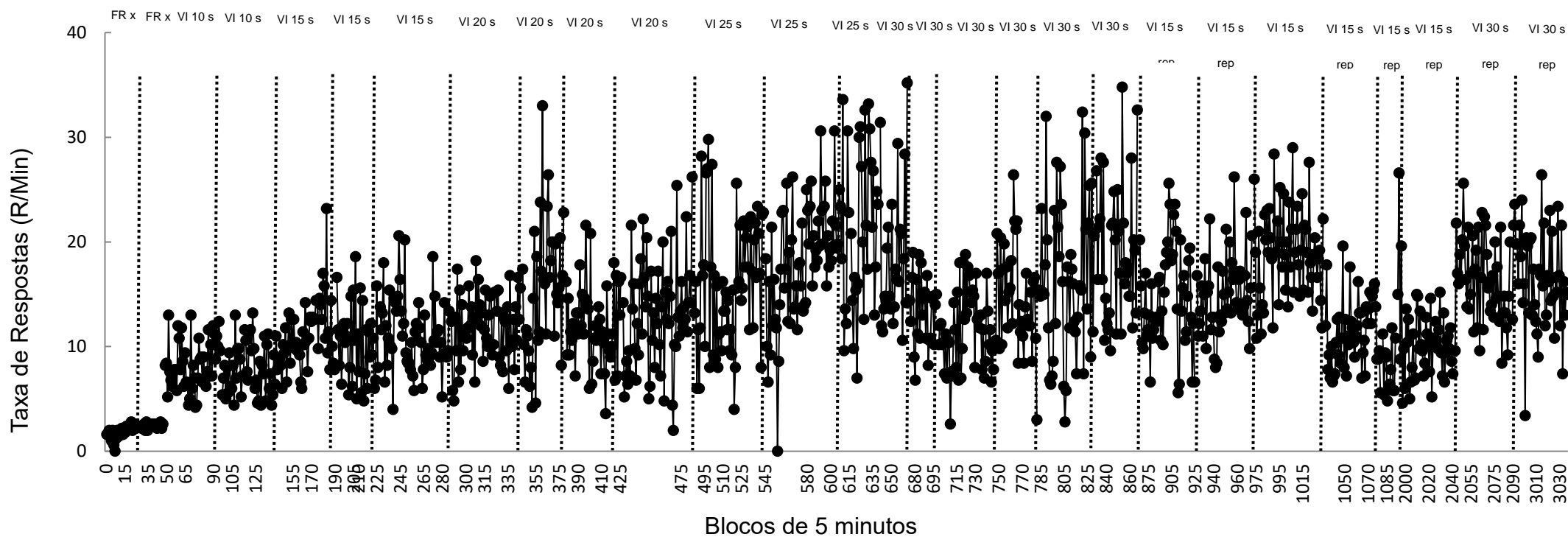
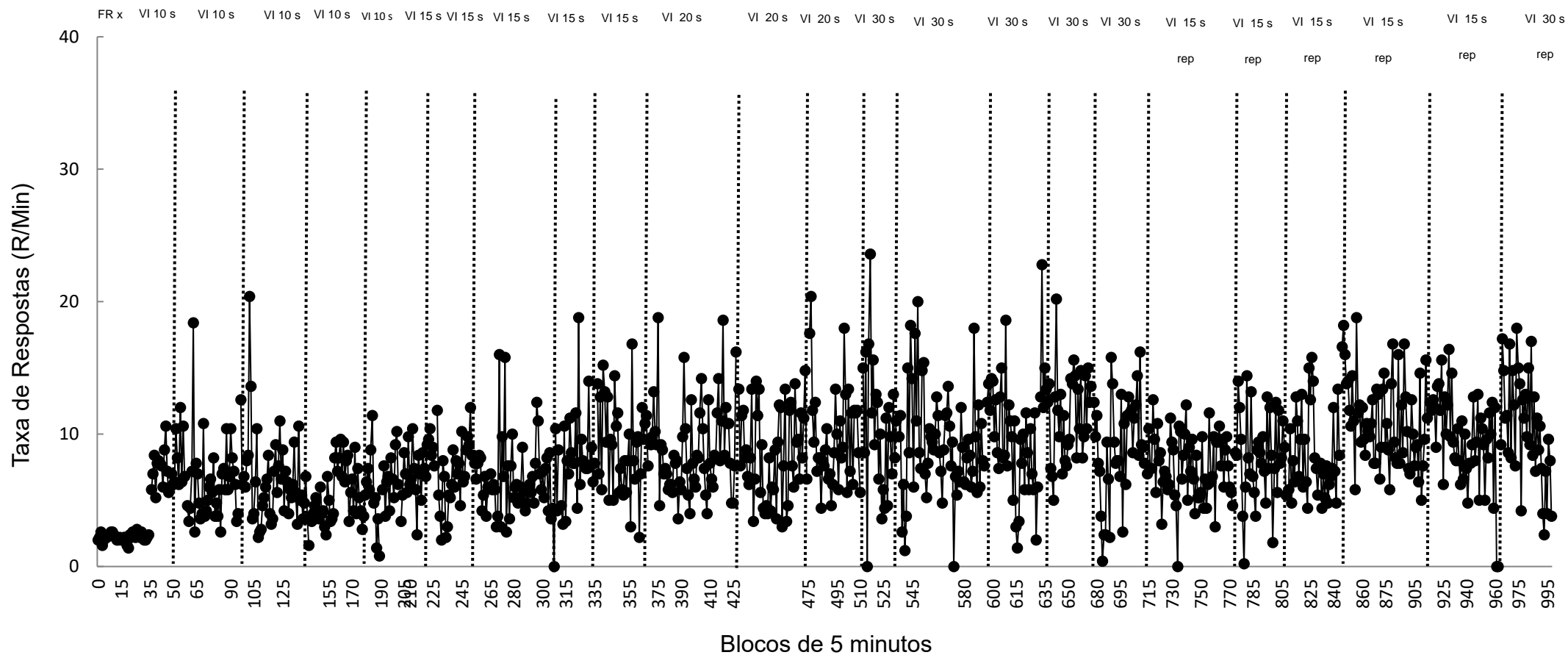


Figura 19

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A5. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 6 – (Figuras 20 a 22) Abelhas que Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Aparato 1) (Experimento 3)

Figura 20

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A2. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

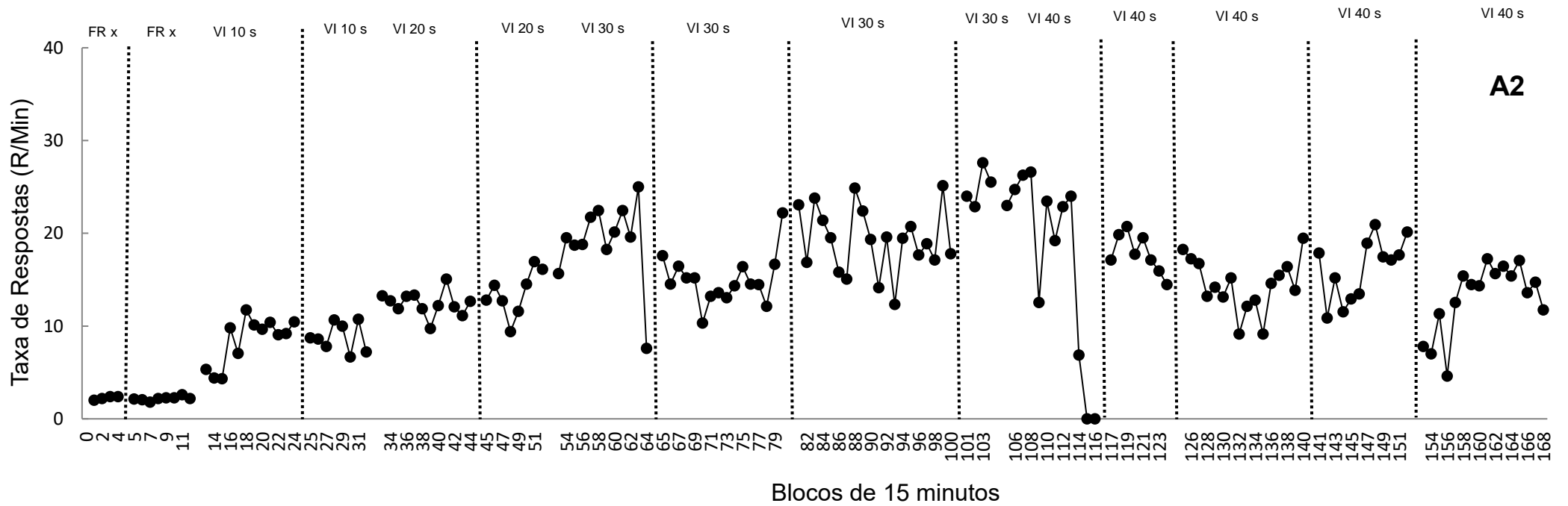


Figura 21

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A4. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

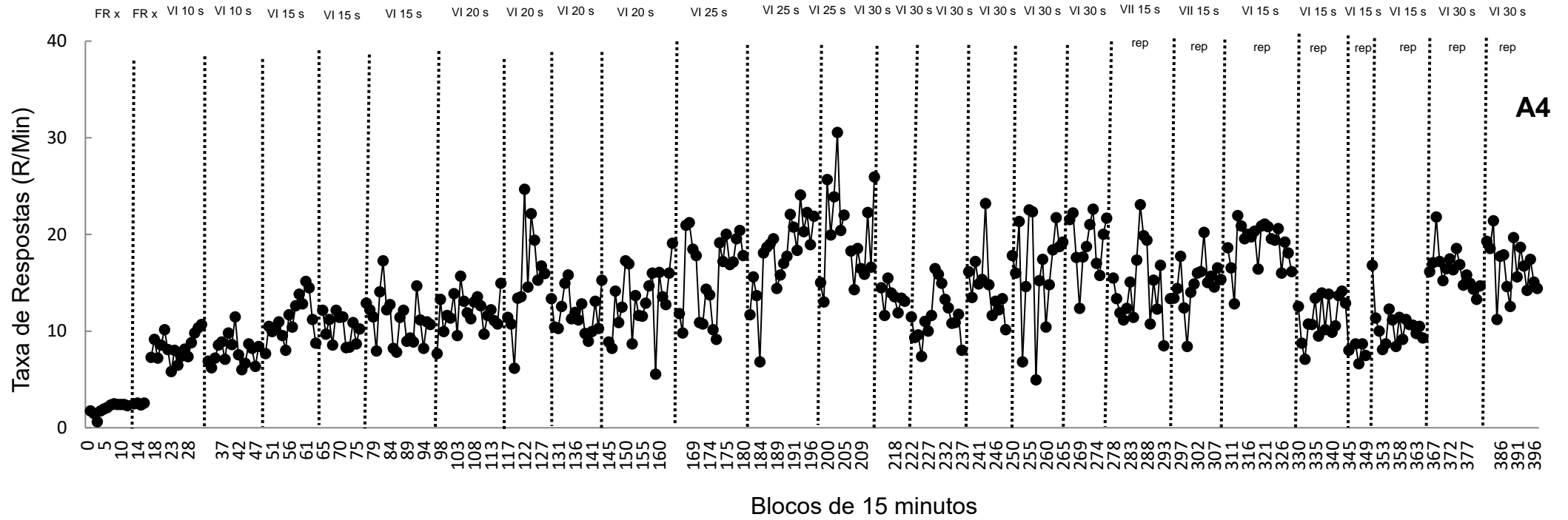
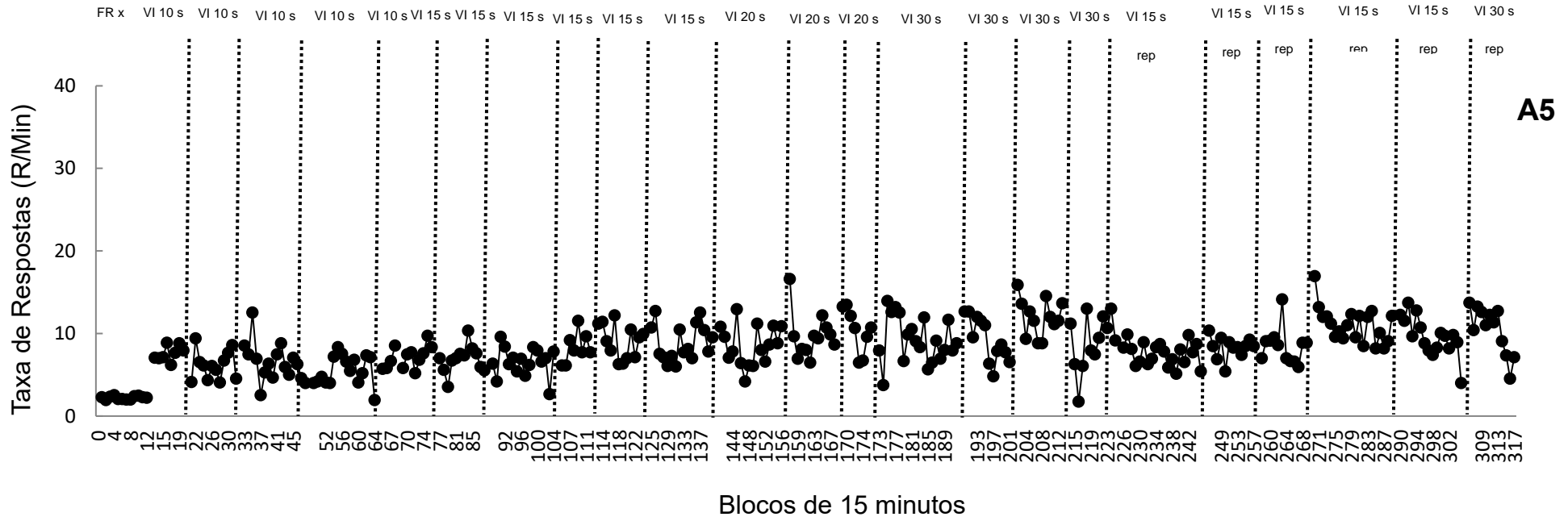


Figura 22

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A5. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 7 – (Figuras 23 a 27) Abelhas que Não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Aparato 1) (Experimento 3)

Figura 23
Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A6. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

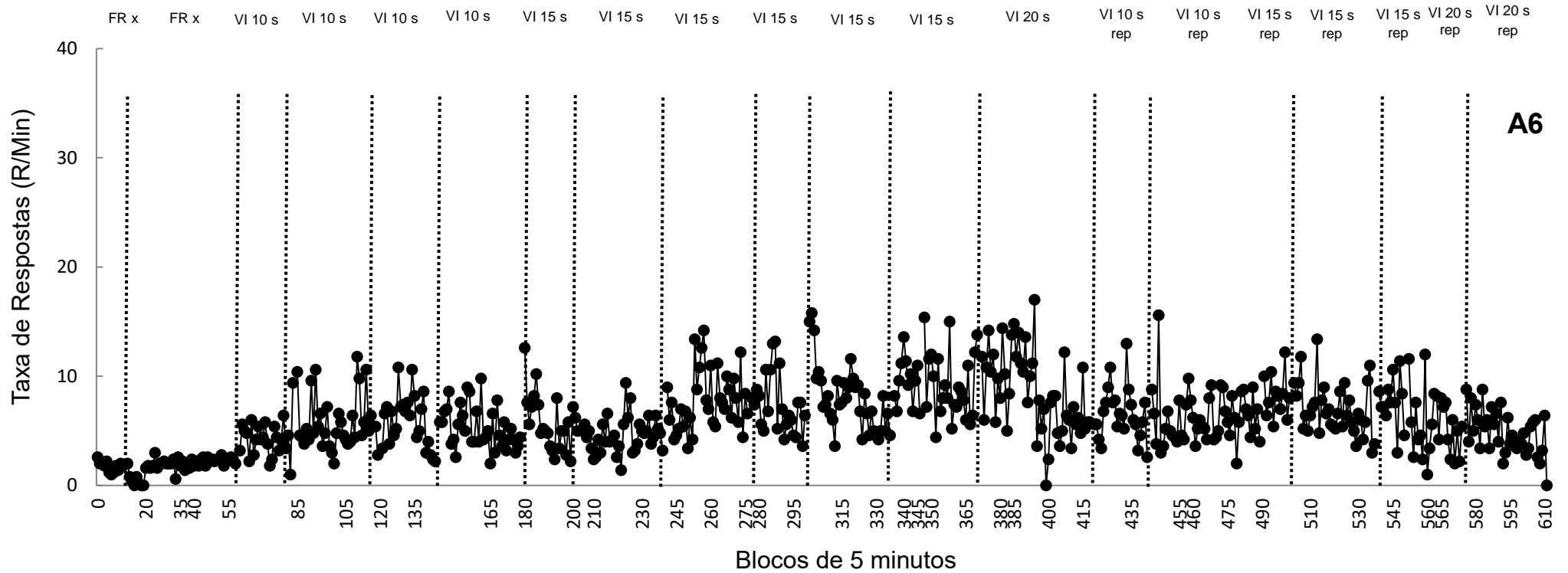


Figura 24

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A8. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

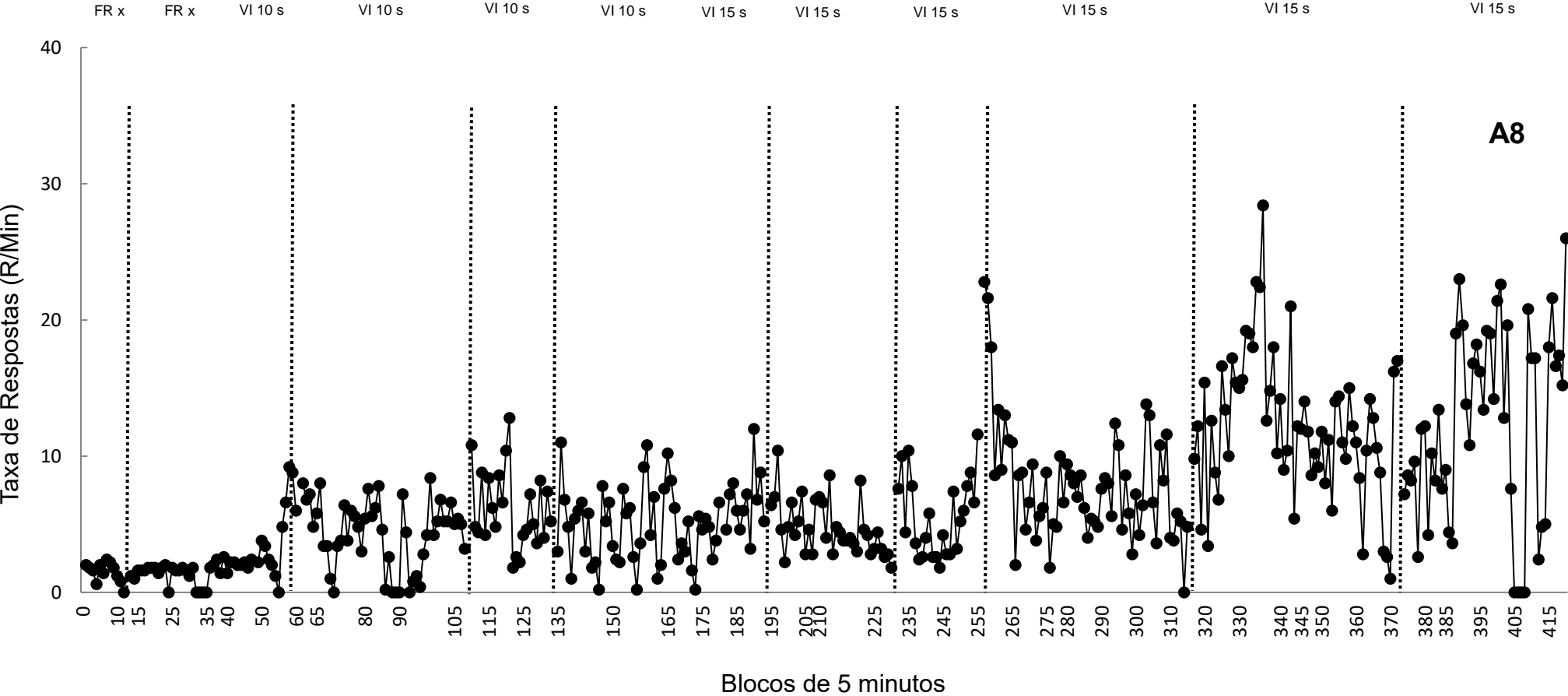


Figura 25

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A7. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

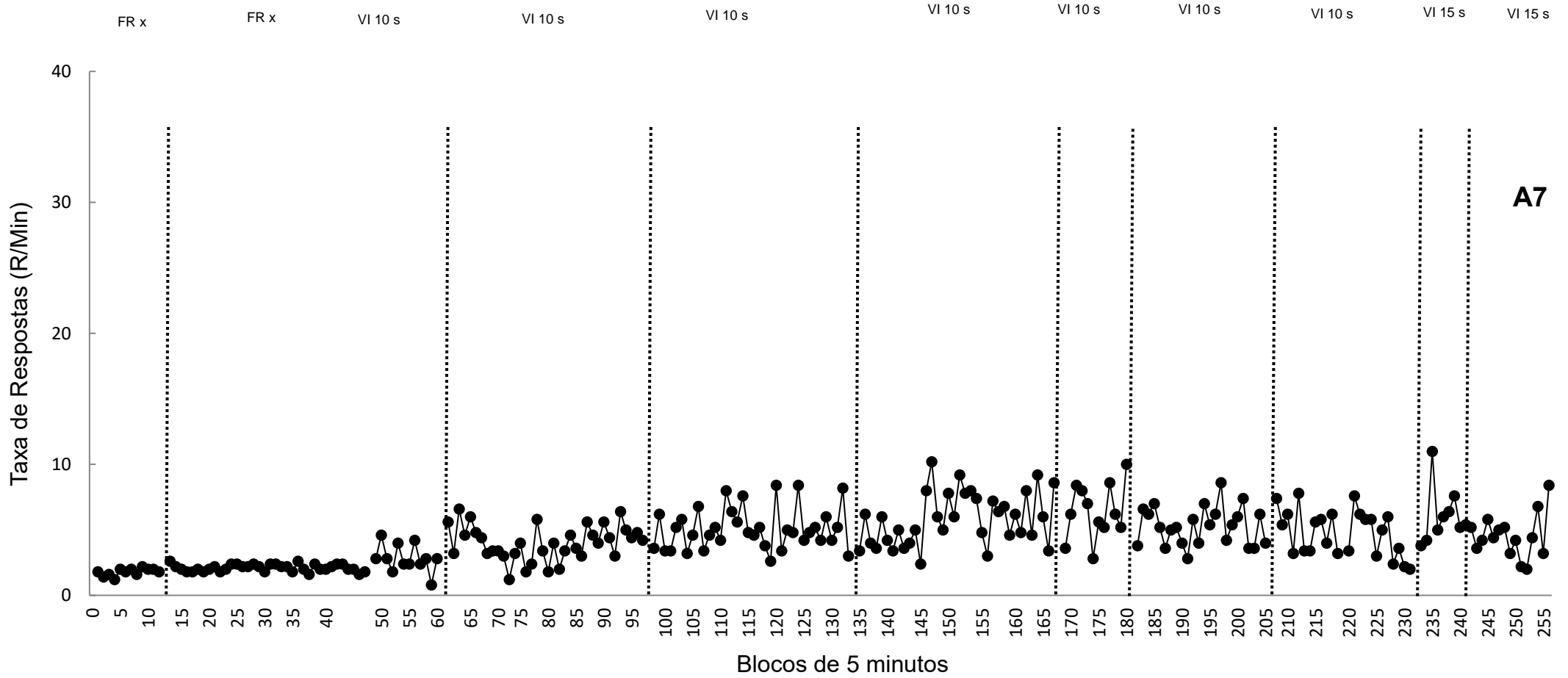


Figura 26

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A3. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

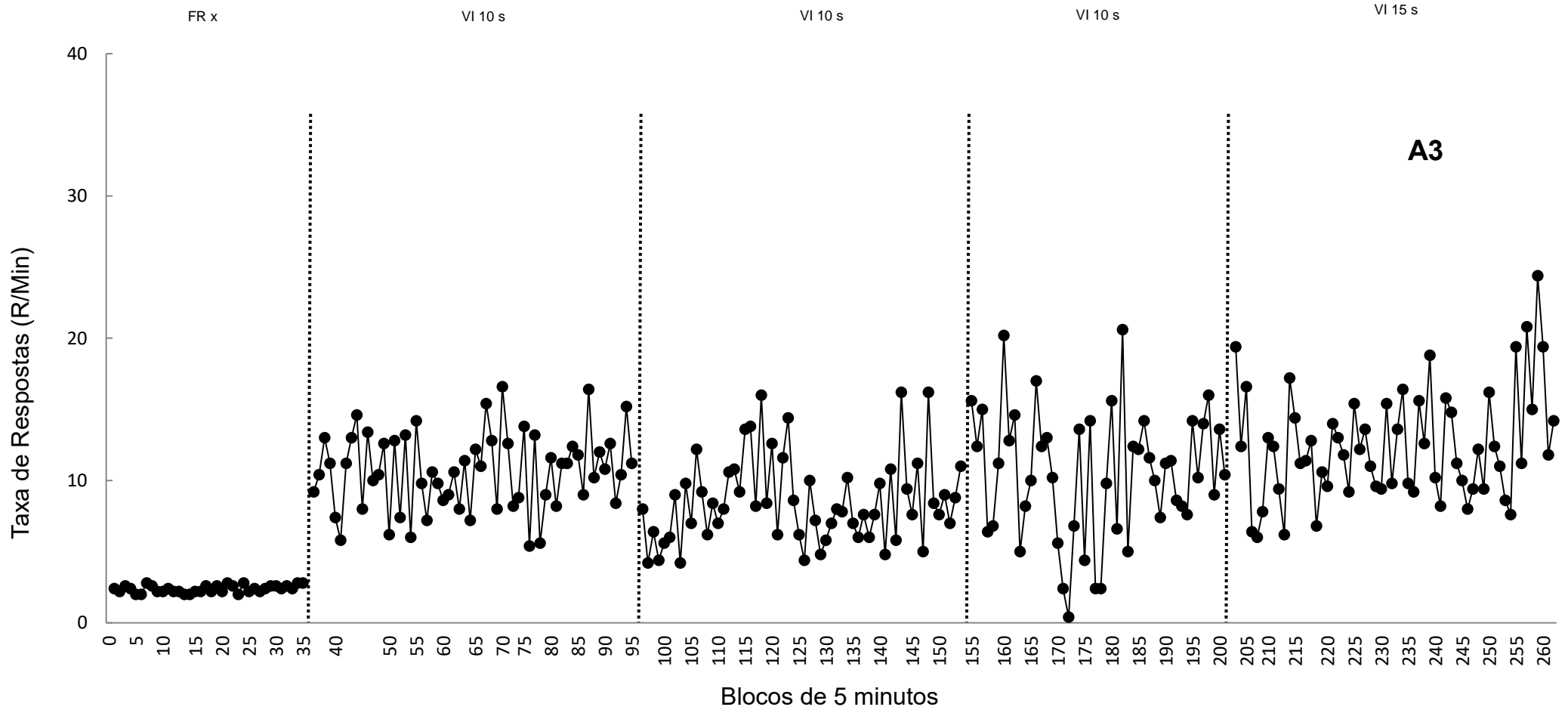
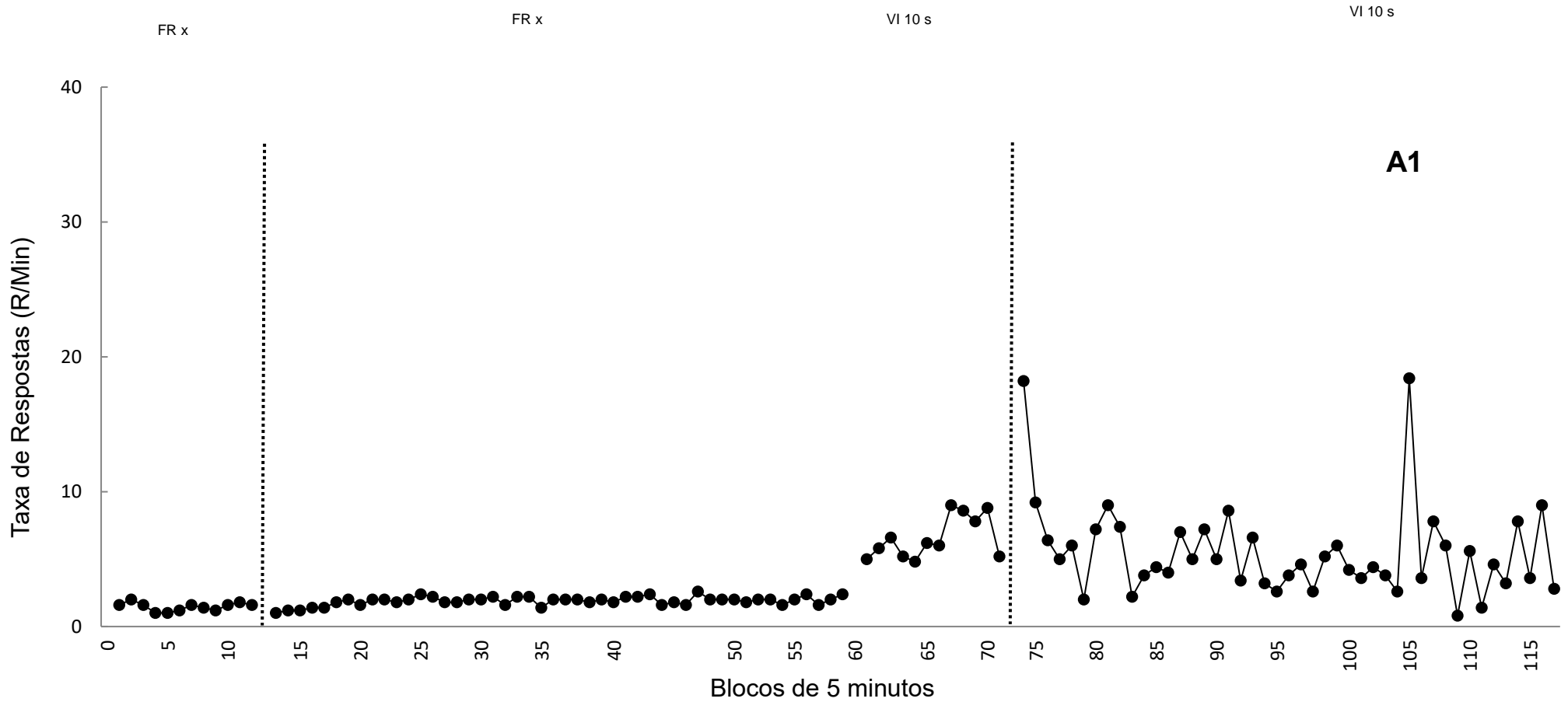


Figura 27

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A1. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 8 – (Figuras 28 a 32) Abelhas que Não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Aparato 1) (Experimento 3)

Figura 28
Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A6. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

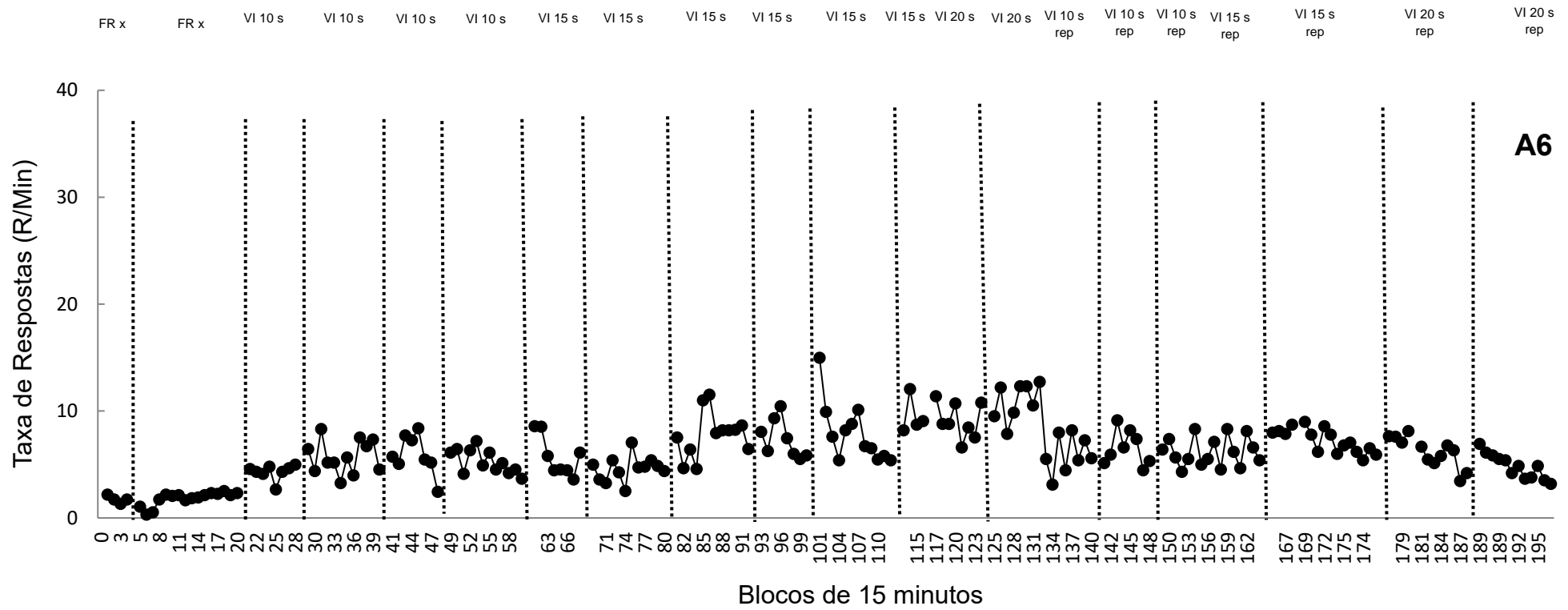


Figura 29

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A8. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

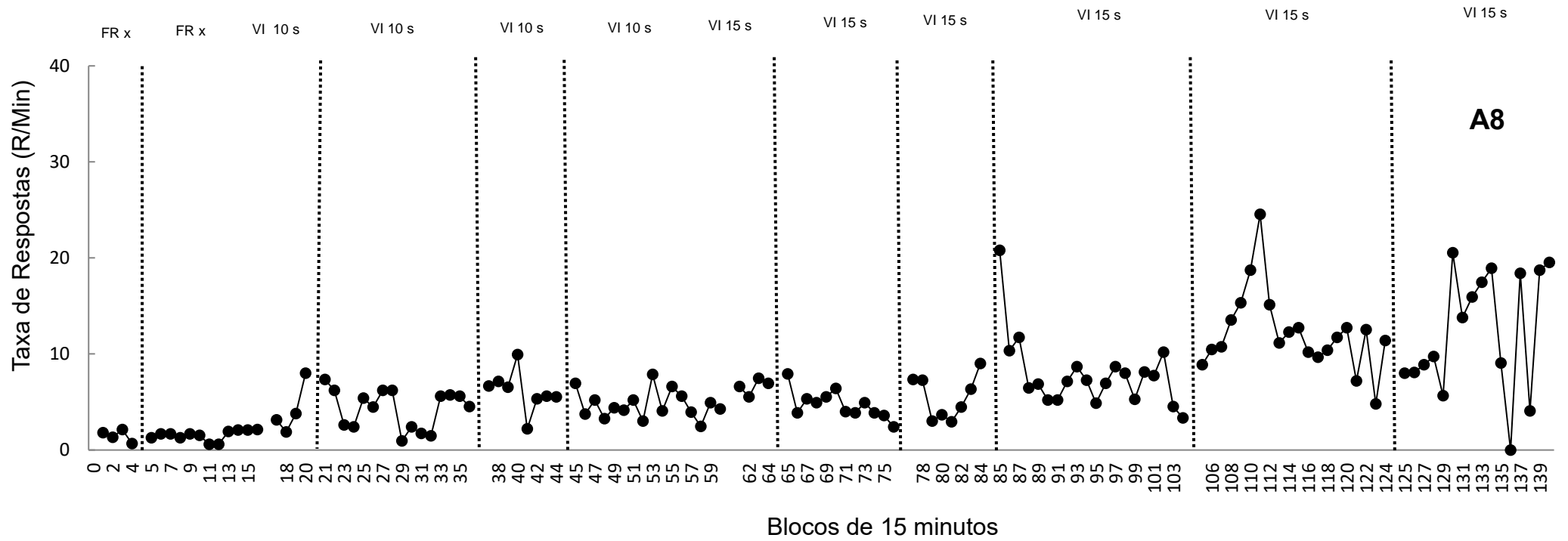


Figura 30

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A7. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

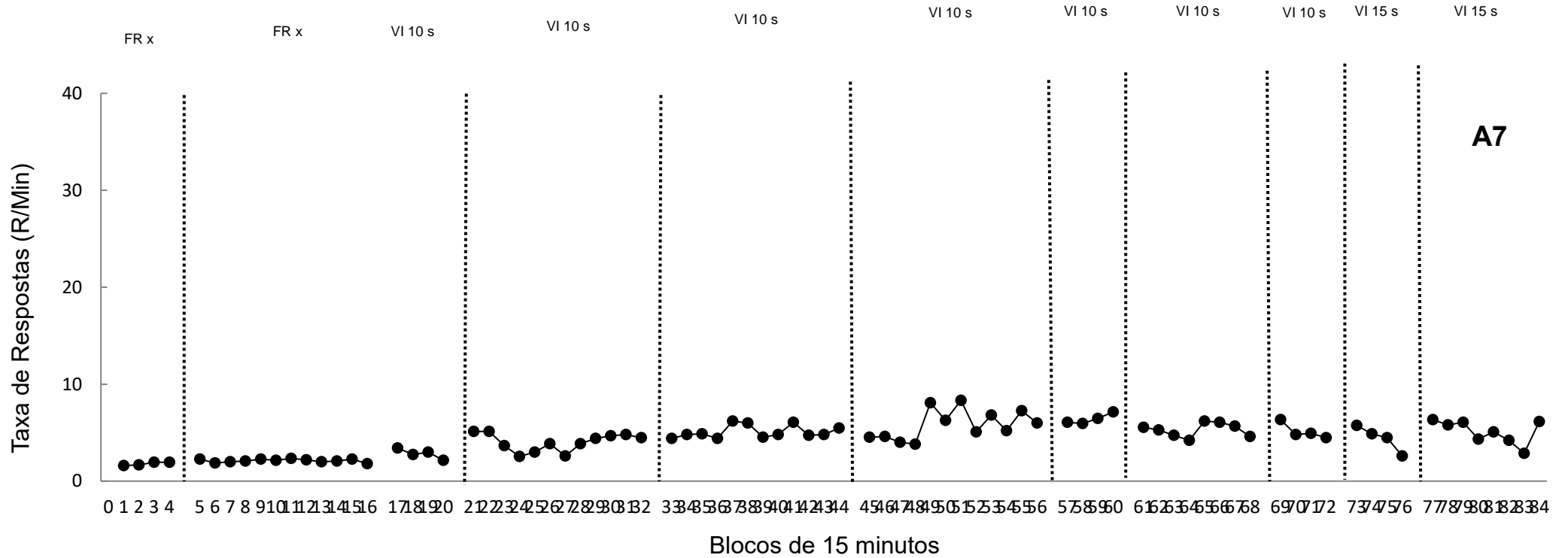


Figura 31

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A3. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

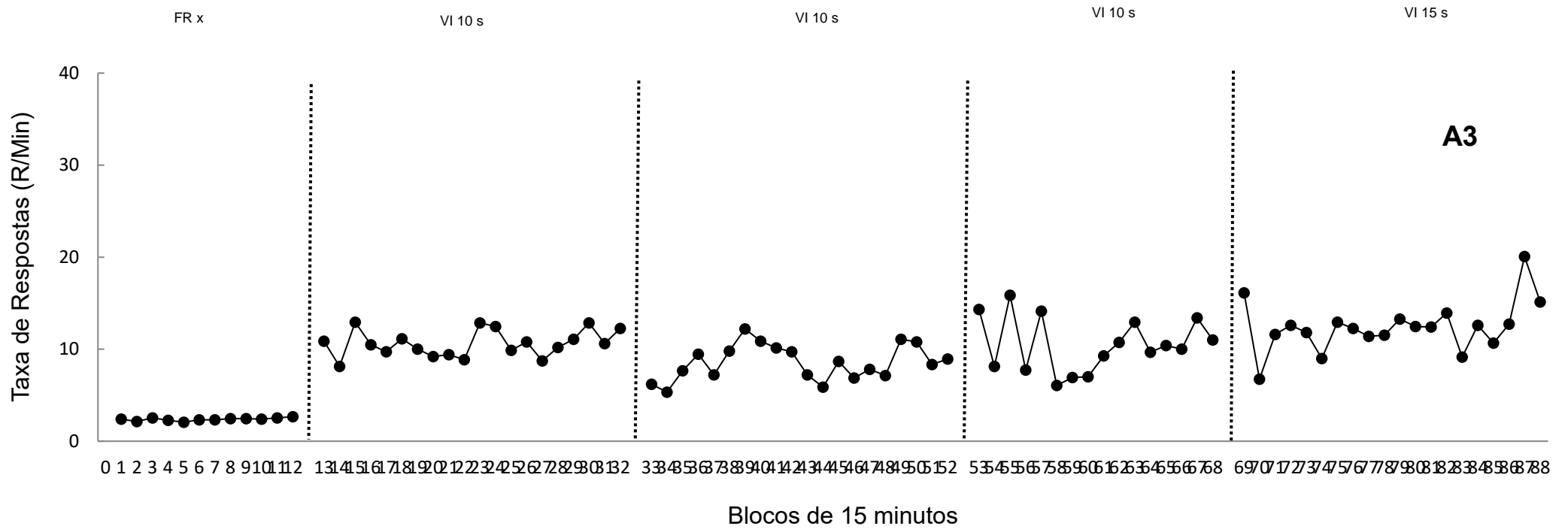
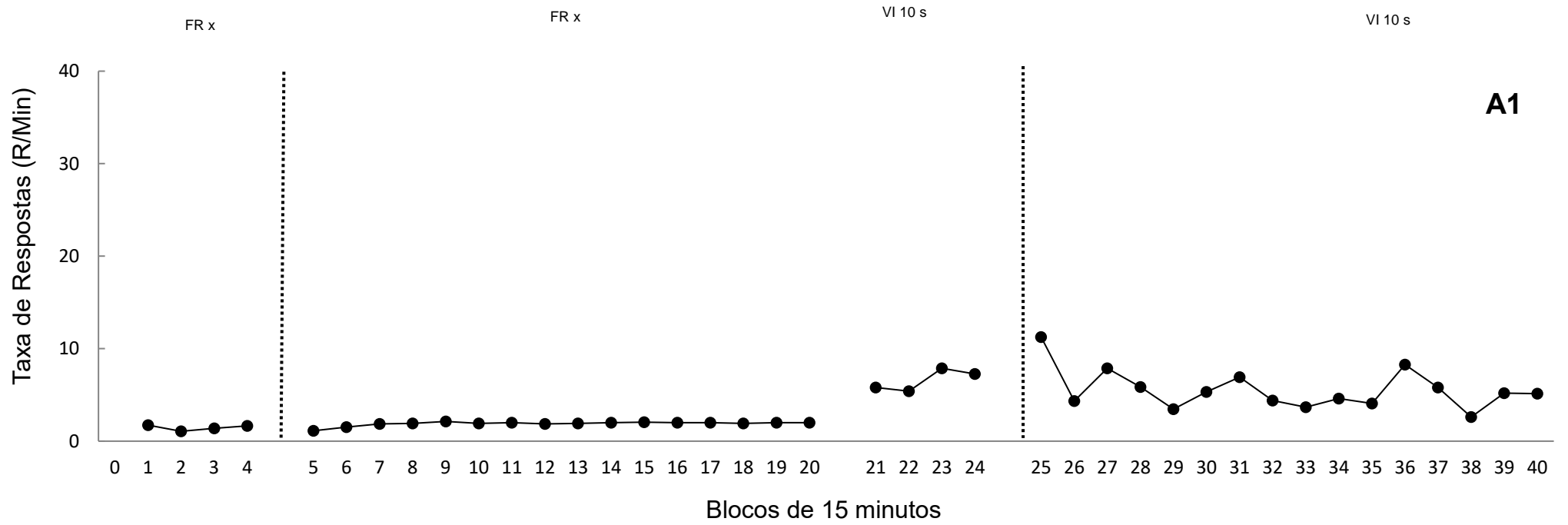


Figura 32

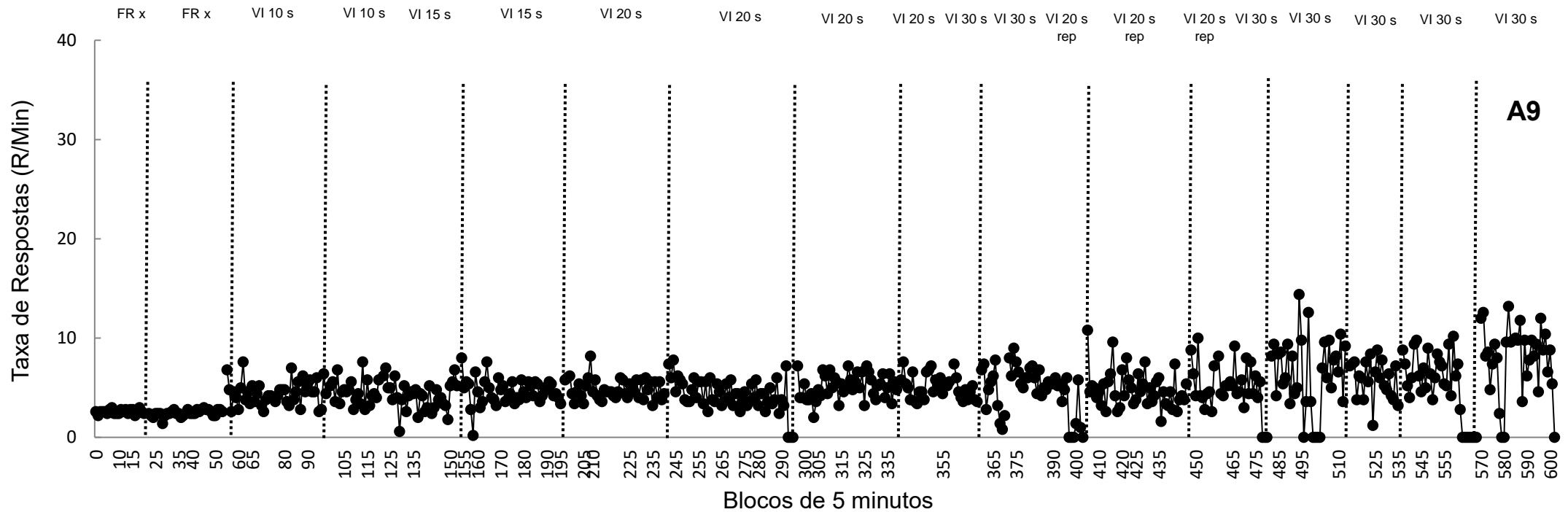
Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A1. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 9 – (Figura 33) Abelha que Completou o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Aparato 2)

(Experimento 3)

Figura 33
Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A9. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

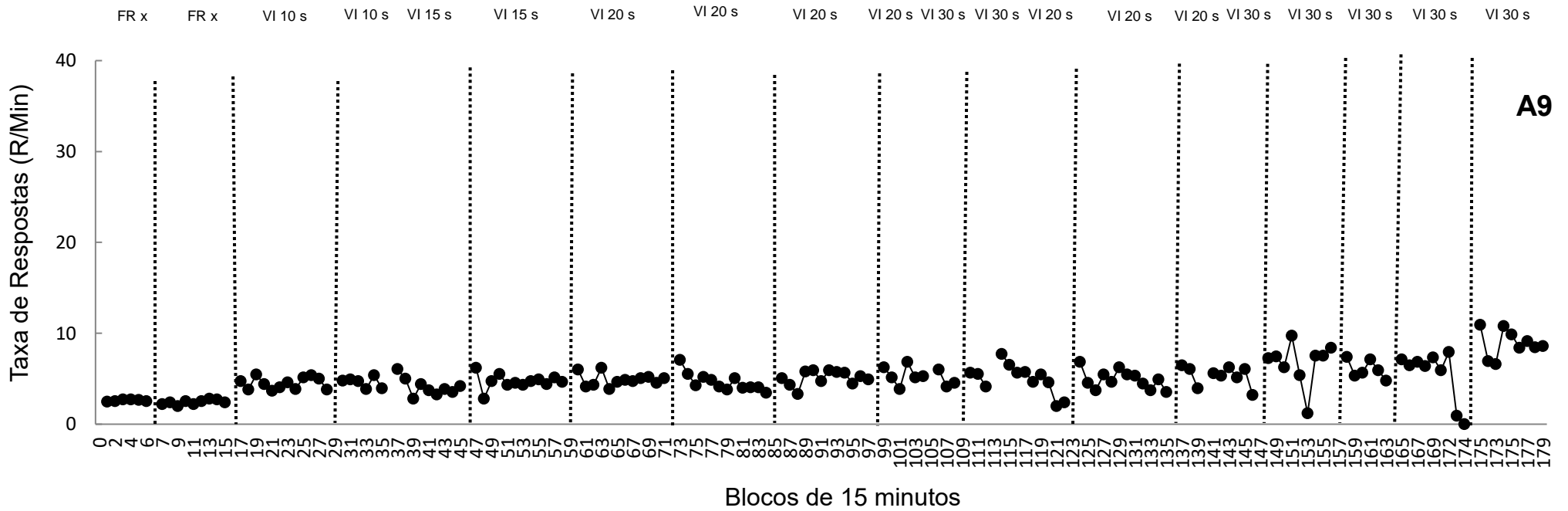


ANEXO 10 – (Figura 34) Abelha que Completou o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Aparato 2)

(Experimento 3)

Figura 34

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A9. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 10 – (Figura 35 a 37) Abelhas que não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 5 Minutos) (Aparato 2) (Experimento 3)

Figura 35

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A11. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

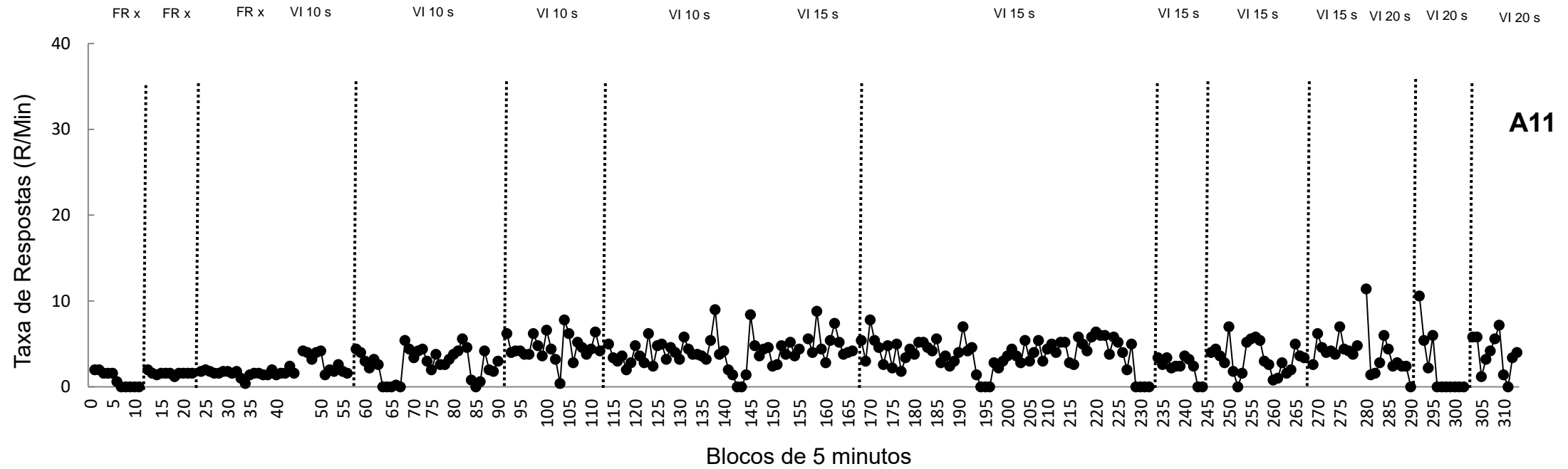


Figura 36

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A10. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

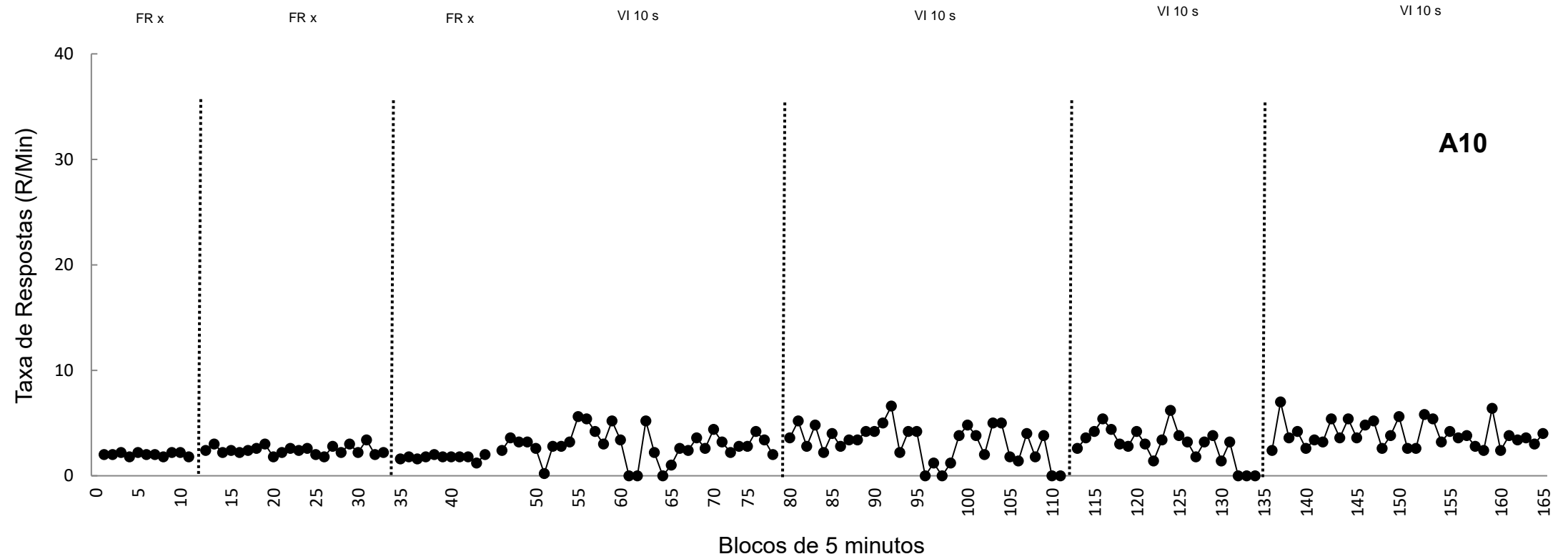
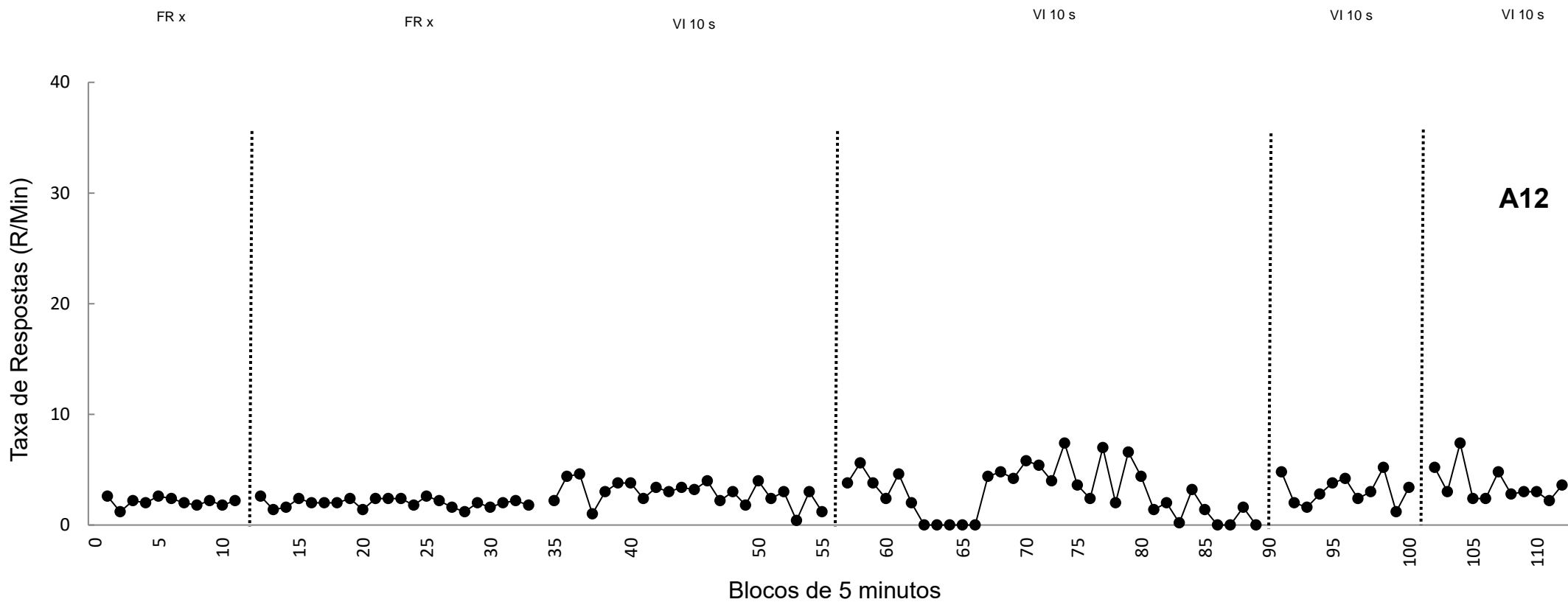


Figura 37

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 5 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A12. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 11 – (Figura 38 a 40) Abelhas que não Completaram o Procedimento (Blocos Sucessivos de 15 Minutos) (Aparato 2) (Experimento 3)

Figura 38

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A11. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

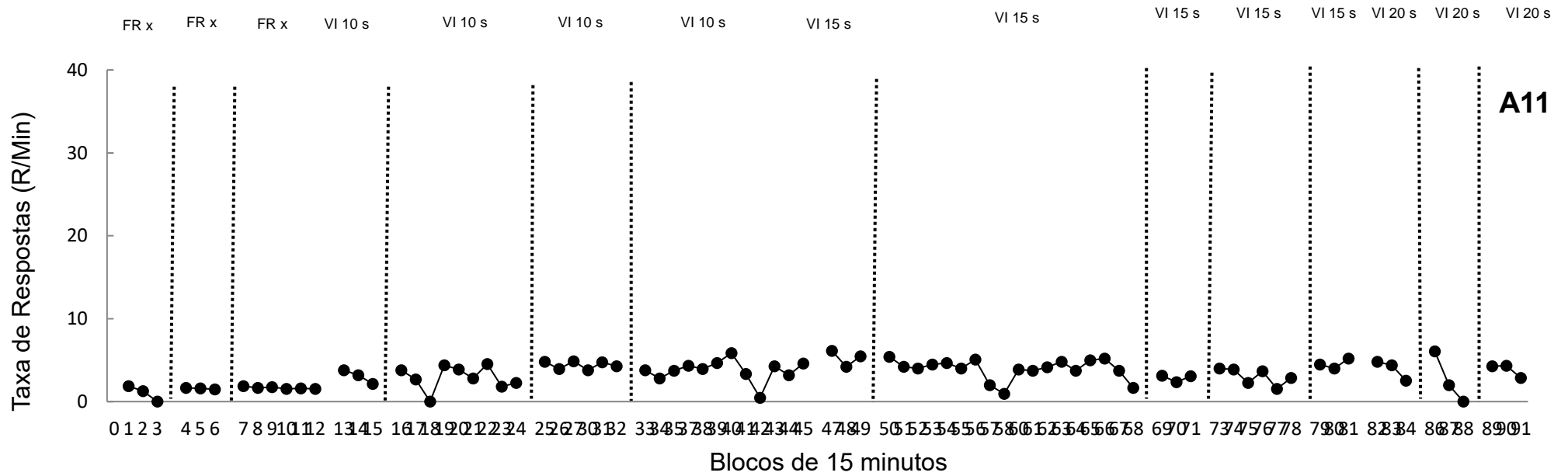


Figura 39

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A10. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos

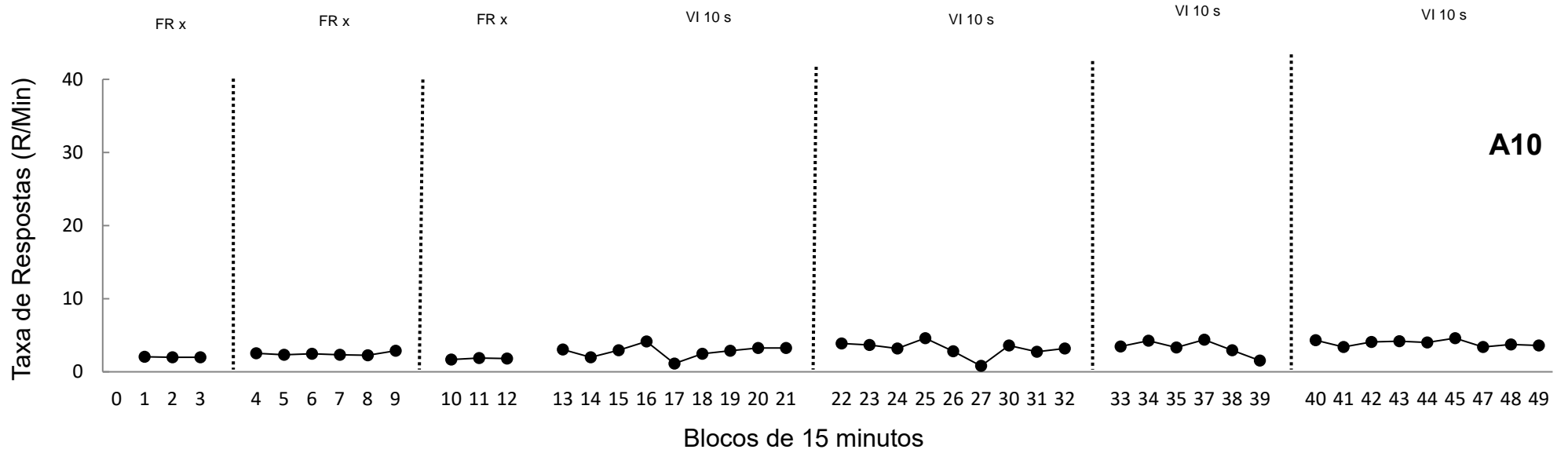
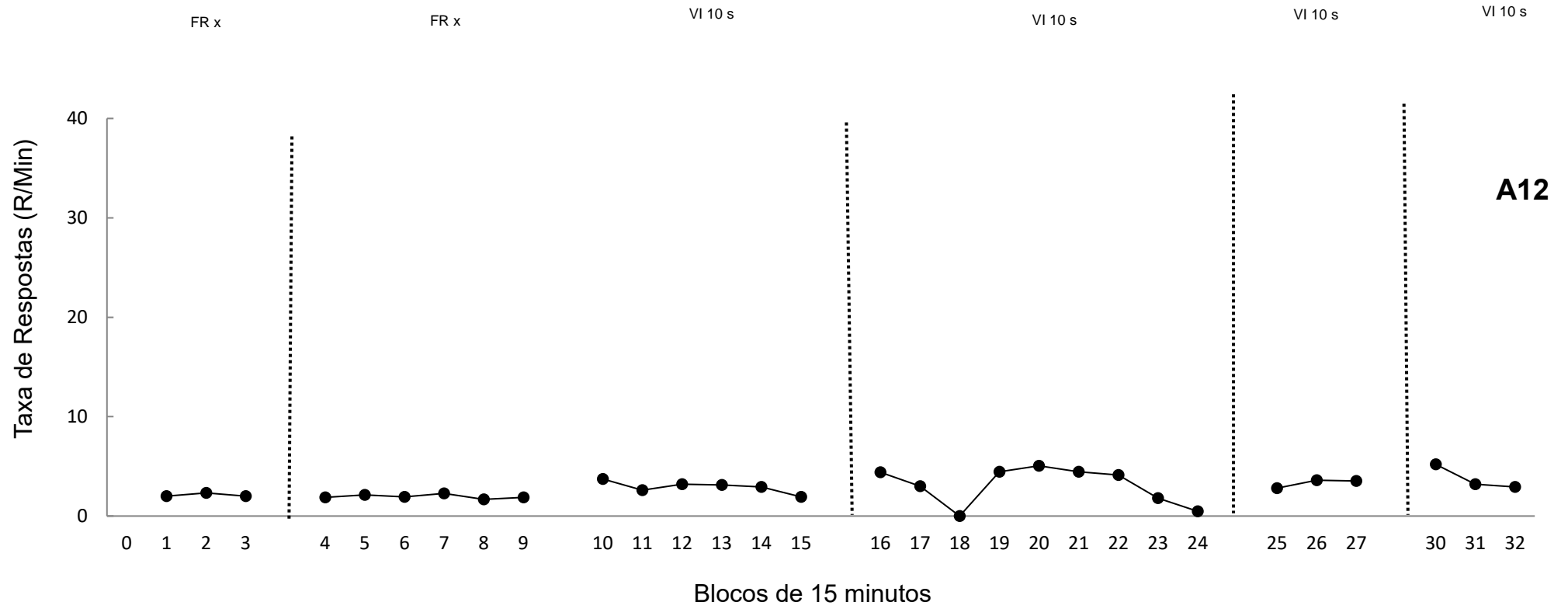


Figura 40

Taxa de Respostas (R/Min) ao Longo de Blocos Sucessivos de 15 min em FR 1 e sob Diferentes Tamanhos de Intervalo Variável para a Abelha A12. As Linhas Pontilhadas Verticais Separam as Sessões em Dias Sucessivos



ANEXO 12

Listas Razão Variável (VR)

Obs.: Cada VR médio é composto por 3 listas com 11 valores de razão que se repetem de maneira semi-aleatória até completar 45 reforços

VR 2 (lista 1)

If vRazaoEsquerda = 2 And vListaRazaoE = 1 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 2

Case 2

vRazaoVariavelE = 3

Case 3

vRazaoVariavelE = 1

Case 4

vRazaoVariavelE = 4

Case 5

vRazaoVariavelE = 1

Case 6

vRazaoVariavelE = 4

Case 7

vRazaoVariavelE = 3

Case 8

vRazaoVariavelE = 2

Case 9

vRazaoVariavelE = 1

Case 10

vRazaoVariavelE = 1

Case 11

vRazaoVariavelE = 3

Case 12

vRazaoVariavelE = 4

Case 13

vRazaoVariavelE = 1

Case 14

vRazaoVariavelE = 1

Case 15

vRazaoVariavelE = 2

Case 16

vRazaoVariavelE = 1

Case 17

vRazaoVariavelE = 1

Case 18

vRazaoVariavelE = 3

Case 19

vRazaoVariavelE = 4

Case 20

vRazaoVariavelE = 2

Case 21

vRazaoVariavelE = 2

Case 22

vRazaoVariavelE = 1

Case 23

vRazaoVariavelE = 4

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 31

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 32

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 33

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 34

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 35

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 36

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 37

vRazaoVariavelE = 3

Case 38

vRazaoVariavelE = 2

Case 39

vRazaoVariavelE = 4

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 2

Case 42

vRazaoVariavelE = 1

Case 43

vRazaoVariavelE = 4

Case 44

vRazaoVariavelE = 3

Case 45

vRazaoVariavelE = 1

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 2 (lista 2)

If vRazaoEsquerda = 2 And vListaRazaoE = 2 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 3

Case 2

vRazaoVariavelE = 1

Case 3

vRazaoVariavelE = 2

Case 4

vRazaoVariavelE = 4

Case 5

vRazaoVariavelE = 1

Case 6

vRazaoVariavelE = 3

Case 7

vRazaoVariavelE = 4

Case 8

vRazaoVariavelE = 2

Case 9

vRazaoVariavelE = 1

Case 10

vRazaoVariavelE = 3

Case 11

vRazaoVariavelE = 2

Case 12

vRazaoVariavelE = 4

Case 13

vRazaoVariavelE = 4

Case 14

vRazaoVariavelE = 2

Case 15

vRazaoVariavelE = 3

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 23

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 29

vRazaoVariavelE = 3

Case 30

vRazaoVariavelE = 1

Case 31

vRazaoVariavelE = 2

Case 32

vRazaoVariavelE = 4

Case 33

vRazaoVariavelE = 4

Case 34

vRazaoVariavelE = 3

Case 35

vRazaoVariavelE = 2

Case 36

vRazaoVariavelE = 1

Case 37

vRazaoVariavelE = 4

Case 38

vRazaoVariavelE = 3

Case 39

vRazaoVariavelE = 2

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 2

Case 42

vRazaoVariavelE = 3

Case 43

vRazaoVariavelE = 4

Case 44

vRazaoVariavelE = 1

Case 45

vRazaoVariavelE = 4

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 2 (lista 3)

If vRazaoEsquerda = 2 And vListaRazaoE = 3 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 1

Case 2

vRazaoVariavelE = 3

Case 3

vRazaoVariavelE = 2

Case 4

vRazaoVariavelE = 4

Case 5

vRazaoVariavelE = 3

Case 6

vRazaoVariavelE = 1

Case 7

vRazaoVariavelE = 4

Case 8

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 9

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 21

vRazaoVariavelE = 2

Case 22

vRazaoVariavelE = 1

Case 23

vRazaoVariavelE = 3

Case 24

vRazaoVariavelE = 4

Case 25

vRazaoVariavelE = 1

Case 26

vRazaoVariavelE = 2

Case 27

vRazaoVariavelE = 4

Case 28

vRazaoVariavelE = 3

Case 29

vRazaoVariavelE = 1

Case 30

vRazaoVariavelE = 4

Case 31

vRazaoVariavelE = 3

Case 32

vRazaoVariavelE = 2

Case 33

vRazaoVariavelE = 2

Case 34

vRazaoVariavelE = 4

Case 35

vRazaoVariavelE = 1

Case 36

vRazaoVariavelE = 3

Case 37

vRazaoVariavelE = 2

Case 38

vRazaoVariavelE = 3

Case 39

vRazaoVariavelE = 4

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 1

Case 42

vRazaoVariavelE = 3

Case 43

vRazaoVariavelE = 4

Case 44

vRazaoVariavelE = 2

Case 45

vRazaoVariavelE = 1

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 3 (lista 1)

If vRazaoEsquerda = 3 And vListaRazaoE = 1 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 1

Case 2

vRazaoVariavelE = 7

Case 3

vRazaoVariavelE = 4

Case 4

vRazaoVariavelE = 1

Case 5

vRazaoVariavelE = 2

Case 6

vRazaoVariavelE = 2

Case 7

vRazaoVariavelE = 1

Case 8

vRazaoVariavelE = 4

Case 9

vRazaoVariavelE = 1

Case 10

vRazaoVariavelE = 7

Case 11

vRazaoVariavelE = 1

Case 12

vRazaoVariavelE = 7

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 23

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 26

vRazaoVariavelE = 4

Case 27

vRazaoVariavelE = 2

Case 28

vRazaoVariavelE = 7

Case 29

vRazaoVariavelE = 1

Case 30

vRazaoVariavelE = 1

Case 31

vRazaoVariavelE = 4

Case 32

vRazaoVariavelE = 1

Case 33

vRazaoVariavelE = 7

Case 34

vRazaoVariavelE = 2

Case 35

vRazaoVariavelE = 1

Case 36

vRazaoVariavelE = 1

Case 37

vRazaoVariavelE = 4

Case 38

vRazaoVariavelE = 7

Case 39

vRazaoVariavelE = 2

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 2

Case 42

vRazaoVariavelE = 1

Case 43

vRazaoVariavelE = 4

Case 44

vRazaoVariavelE = 1

Case 45

vRazaoVariavelE = 7

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 3 (lista 2)

If vRazaoEsquerda = 3 And vListaRazaoE = 2 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 1

Case 2

vRazaoVariavelE = 4

Case 3

vRazaoVariavelE = 1

Case 4

vRazaoVariavelE = 7

Case 5

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 6

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 7

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 8

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 9

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 23

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 31

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 32

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 33

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 34

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 35

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 36

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 37

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 38

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 39

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 40

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 41

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 42

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 43

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 44

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 45

vRazaoVariavelE = 1

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 3 (lista 3)

If vRazaoEsquerda = 3 And vListaRazaoE = 3 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 2

Case 2

vRazaoVariavelE = 1

Case 3

vRazaoVariavelE = 7

Case 4

vRazaoVariavelE = 1

Case 5

vRazaoVariavelE = 4

Case 6

vRazaoVariavelE = 7

Case 7

vRazaoVariavelE = 4

Case 8

vRazaoVariavelE = 1

Case 9

vRazaoVariavelE = 2

Case 10

vRazaoVariavelE = 1

Case 11

vRazaoVariavelE = 2

Case 12

vRazaoVariavelE = 1

Case 13

vRazaoVariavelE = 4

Case 14

vRazaoVariavelE = 1

Case 15

vRazaoVariavelE = 7

Case 16

vRazaoVariavelE = 2

Case 17

vRazaoVariavelE = 1

Case 18

vRazaoVariavelE = 7

Case 19

vRazaoVariavelE = 1

Case 20

vRazaoVariavelE = 4

Case 21

vRazaoVariavelE = 7

Case 22

vRazaoVariavelE = 1

Case 23

vRazaoVariavelE = 2

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 31

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 32

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 33

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 34

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 35

$$vRazaoVariavelE = 4$$

Case 36

$$vRazaoVariavelE = 7$$

Case 37

vRazaoVariavelE = 1

Case 38

vRazaoVariavelE = 1

Case 39

vRazaoVariavelE = 2

Case 40

vRazaoVariavelE = 4

Case 41

vRazaoVariavelE = 1

Case 42

vRazaoVariavelE = 1

Case 43

vRazaoVariavelE = 2

Case 44

vRazaoVariavelE = 7

Case 45

vRazaoVariavelE = 4

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

End Select

End If

VR 4 (lista 1)

If vRazaoEsquerda = 4 And vListaRazaoE = 1 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 1

Case 2

vRazaoVariavelE = 5

Case 3

vRazaoVariavelE = 3

Case 4

vRazaoVariavelE = 1

Case 5

vRazaoVariavelE = 10

Case 6

vRazaoVariavelE = 5

Case 7

vRazaoVariavelE = 1

Case 8

vRazaoVariavelE = 3

Case 9

vRazaoVariavelE = 1

Case 10

vRazaoVariavelE = 10

Case 11

vRazaoVariavelE = 1

Case 12

vRazaoVariavelE = 3

Case 13

vRazaoVariavelE = 1

Case 14

vRazaoVariavelE = 5

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 23

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 28

vRazaoVariavelE = 1

Case 29

vRazaoVariavelE = 3

Case 30

vRazaoVariavelE = 10

Case 31

vRazaoVariavelE = 5

Case 32

vRazaoVariavelE = 1

Case 33

vRazaoVariavelE = 10

Case 34

vRazaoVariavelE = 1

Case 35

vRazaoVariavelE = 3

Case 36

vRazaoVariavelE = 5

Case 37

vRazaoVariavelE = 10

Case 38

vRazaoVariavelE = 1

Case 39

vRazaoVariavelE = 3

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 3

Case 42

vRazaoVariavelE = 5

Case 43

vRazaoVariavelE = 1

Case 44

vRazaoVariavelE = 10

Case 45

vRazaoVariavelE = 1

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 4 (lista 2)

If vRazaoEsquerda = 4 And vListaRazaoE = 2 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 10

Case 2

vRazaoVariavelE = 3

Case 3

vRazaoVariavelE = 5

Case 4

vRazaoVariavelE = 1

Case 5

vRazaoVariavelE = 5

Case 6

vRazaoVariavelE = 1

Case 7

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 8

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 9

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 20

vRazaoVariavelE = 3

Case 21

vRazaoVariavelE = 10

Case 22

vRazaoVariavelE = 1

Case 23

vRazaoVariavelE = 1

Case 24

vRazaoVariavelE = 3

Case 25

vRazaoVariavelE = 5

Case 26

vRazaoVariavelE = 3

Case 27

vRazaoVariavelE = 1

Case 28

vRazaoVariavelE = 10

Case 29

vRazaoVariavelE = 3

Case 30

vRazaoVariavelE = 5

Case 31

vRazaoVariavelE = 3

Case 32

vRazaoVariavelE = 1

Case 33

vRazaoVariavelE = 10

Case 34

vRazaoVariavelE = 5

Case 35

vRazaoVariavelE = 1

Case 36

vRazaoVariavelE = 1

Case 37

vRazaoVariavelE = 10

Case 38

vRazaoVariavelE = 1

Case 39

vRazaoVariavelE = 5

Case 40

vRazaoVariavelE = 3

Case 41

vRazaoVariavelE = 1

Case 42

vRazaoVariavelE = 10

Case 43

vRazaoVariavelE = 1

Case 44

vRazaoVariavelE = 3

Case 45

vRazaoVariavelE = 5

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 4 (lista 3)

If vRazaoEsquerda = 4 And vListaRazaoE = 3 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 1

Case 2

vRazaoVariavelE = 1

Case 3

vRazaoVariavelE = 5

Case 4

vRazaoVariavelE = 3

Case 5

vRazaoVariavelE = 10

Case 6

vRazaoVariavelE = 5

Case 7

vRazaoVariavelE = 10

Case 8

vRazaoVariavelE = 1

Case 9

vRazaoVariavelE = 3

Case 10

vRazaoVariavelE = 1

Case 11

vRazaoVariavelE = 5

Case 12

vRazaoVariavelE = 3

Case 13

vRazaoVariavelE = 1

Case 14

vRazaoVariavelE = 1

Case 15

vRazaoVariavelE = 10

Case 16

vRazaoVariavelE = 1

Case 17

vRazaoVariavelE = 5

Case 18

vRazaoVariavelE = 10

Case 19

vRazaoVariavelE = 3

Case 20

vRazaoVariavelE = 1

Case 21

vRazaoVariavelE = 10

Case 22

vRazaoVariavelE = 3

Case 23

vRazaoVariavelE = 5

Case 24

vRazaoVariavelE = 1

Case 25

vRazaoVariavelE = 10

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 31

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 32

$$vRazaoVariavelE = 5$$

Case 33

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 34

$$vRazaoVariavelE = 10$$

Case 35

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 36

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 37

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 38

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 39

vRazaoVariavelE = 5

Case 40

vRazaoVariavelE = 10

Case 41

vRazaoVariavelE = 1

Case 42

vRazaoVariavelE = 10

Case 43

vRazaoVariavelE = 1

Case 44

vRazaoVariavelE = 5

Case 45

vRazaoVariavelE = 3

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 5 (lista 1)

If vRazaoEsquerda = 5 And vListaRazaoE = 1 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 2

Case 2

vRazaoVariavelE = 3

Case 3

vRazaoVariavelE = 1

Case 4

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 5

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 6

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 7

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 8

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 9

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 23

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 24

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 25

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 26

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 27

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 28

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 31

vRazaoVariavelE = 2

Case 32

vRazaoVariavelE = 13

Case 33

vRazaoVariavelE = 6

Case 34

vRazaoVariavelE = 1

Case 35

vRazaoVariavelE = 3

Case 36

vRazaoVariavelE = 2

Case 37

vRazaoVariavelE = 1

Case 38

vRazaoVariavelE = 6

Case 39

vRazaoVariavelE = 3

Case 40

vRazaoVariavelE = 13

Case 41

vRazaoVariavelE = 13

Case 42

vRazaoVariavelE = 6

Case 43

vRazaoVariavelE = 1

Case 44

vRazaoVariavelE = 3

Case 45

vRazaoVariavelE = 2

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 5 (lista 2)

If vRazaoEsquerda = 5 And vListaRazaoE = 2 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 6

Case 2

vRazaoVariavelE = 1

Case 3

vRazaoVariavelE = 3

Case 4

vRazaoVariavelE = 13

Case 5

vRazaoVariavelE = 2

Case 6

vRazaoVariavelE = 1

Case 7

vRazaoVariavelE = 13

Case 8

vRazaoVariavelE = 2

Case 9

vRazaoVariavelE = 3

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 15

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 16

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 17

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 18

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 19

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 20

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 21

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 22

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 23

vRazaoVariavelE = 2

Case 24

vRazaoVariavelE = 3

Case 25

vRazaoVariavelE = 13

Case 26

vRazaoVariavelE = 6

Case 27

vRazaoVariavelE = 2

Case 28

vRazaoVariavelE = 3

Case 29

vRazaoVariavelE = 1

Case 30

vRazaoVariavelE = 13

Case 31

vRazaoVariavelE = 6

Case 32

vRazaoVariavelE = 1

Case 33

vRazaoVariavelE = 13

Case 34

vRazaoVariavelE = 2

Case 35

vRazaoVariavelE = 3

Case 36

vRazaoVariavelE = 2

Case 37

vRazaoVariavelE = 3

Case 38

vRazaoVariavelE = 6

Case 39

vRazaoVariavelE = 13

Case 40

vRazaoVariavelE = 1

Case 41

vRazaoVariavelE = 13

Case 42

vRazaoVariavelE = 3

Case 43

vRazaoVariavelE = 1

Case 44

vRazaoVariavelE = 2

Case 45

vRazaoVariavelE = 6

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

VR 5 (lista 3)

If vRazaoEsquerda = 5 And vListaRazaoE = 3 Then

Select Case vCasoRazaoE

Case 1

vRazaoVariavelE = 3

Case 2

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 3

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 4

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 5

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 6

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 7

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 8

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 9

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 10

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 11

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 12

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 13

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 14

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 15

vRazaoVariavelE = 6

Case 16

vRazaoVariavelE = 3

Case 17

vRazaoVariavelE = 6

Case 18

vRazaoVariavelE = 2

Case 19

vRazaoVariavelE = 13

Case 20

vRazaoVariavelE = 1

Case 21

vRazaoVariavelE = 2

Case 22

vRazaoVariavelE = 3

Case 23

vRazaoVariavelE = 13

Case 24

vRazaoVariavelE = 6

Case 25

vRazaoVariavelE = 1

Case 26

vRazaoVariavelE = 2

Case 27

vRazaoVariavelE = 1

Case 28

vRazaoVariavelE = 6

Case 29

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 30

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 31

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 32

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 33

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 34

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 35

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 36

$$vRazaoVariavelE = 2$$

Case 37

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 38

$$vRazaoVariavelE = 6$$

Case 39

$$vRazaoVariavelE = 13$$

Case 40

$$vRazaoVariavelE = 3$$

Case 41

$$vRazaoVariavelE = 1$$

Case 42

vRazaoVariavelE = 3

Case 43

vRazaoVariavelE = 6

Case 44

vRazaoVariavelE = 13

Case 45

vRazaoVariavelE = 2

vCasoRazaoE = 0

End Select

End If

ANEXO 13

Listas Intervalo Variável (VI)

Obs.: Cada VI médio é composto por 3 listas com 11 valores de intervalos que se repetem de maneira semi-randômica até completar 45 reforços

VI 10 s (lista 1)

If vMediaVIEsquerda = 10 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 1.47

Case 2

vIntervaloE = 2.58

Case 3

vIntervaloE = 14.88

Case 4

vIntervaloE = 11.49

Case 5

vIntervaloE = 0.47

Case 6

vIntervaloE = 5.27

Case 7

vIntervaloE = 8.96

Case 8

vIntervaloE = 3.84

Case 9

vIntervaloE = 20.12

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 37

vIntervaloE = 6.95

Case 38

vIntervaloE = 5.27

Case 39

vIntervaloE = 20.12

Case 40

vIntervaloE = 3.84

Case 41

vIntervaloE = 1.47

Case 42

vIntervaloE = 14.88

Case 43

vIntervaloE = 0.47

Case 44

vIntervaloE = 8.96

Case 45

vIntervaloE = 5.27

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 10 s (lista 2)

If vMediaVIEsquerda = 10 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 5.27

Case 2

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 3

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 4

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 43

vIntervaloE = 11.49

Case 44

vIntervaloE = 1.47

Case 45

vIntervaloE = 5.27

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 10 s (lista 3)

If vMediaVIEsquerda = 10 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 11.49

Case 2

vIntervaloE = 8.96

Case 3

vIntervaloE = 2.58

Case 4

vIntervaloE = 1.47

Case 5

vIntervaloE = 3.84

Case 6

vIntervaloE = 0.47

Case 7

vIntervaloE = 6.95

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.12$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.84$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.49$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 33.98$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.27$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.95$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.58$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.47$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.47$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 8.96$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 14.88$$

Case 35

$$vIntervaloE = 3.84$$

Case 36

$$vIntervaloE = 33.98$$

Case 37

$$vIntervaloE = 1.47$$

Case 38

$$vIntervaloE = 20.12$$

Case 39

$$vIntervaloE = 5.27$$

Case 40

$$vIntervaloE = 11.49$$

Case 41

$$vIntervaloE = 6.95$$

Case 42

$$vIntervaloE = 2.58$$

Case 43

$$vIntervaloE = 8.96$$

Case 44

$$vIntervaloE = 0.47$$

Case 45

$$vIntervaloE = 5.27$$

$$vCasoVIE = 0$$

End Select

End If

VI 15 s (lista 1)

If vMediaVIESquerda = 15 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 13.44

Case 2

vIntervaloE = 7.91

Case 3

vIntervaloE = 50.97

Case 4

vIntervaloE = 2.21

Case 5

vIntervaloE = 17.23

Case 6

vIntervaloE = 10.42

Case 7

vIntervaloE = 0.7

Case 8

vIntervaloE = 30.17

Case 9

vIntervaloE = 3.88

Case 10

vIntervaloE = 5.76

Case 11

vIntervaloE = 22.33

Case 12

vIntervaloE = 3.88

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 40

vIntervaloE = 0.7

Case 41

vIntervaloE = 17.23

Case 42

vIntervaloE = 5.76

Case 43

vIntervaloE = 30.17

Case 44

vIntervaloE = 50.97

Case 45

vIntervaloE = 7.91

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 15 s (lista 2)

If vMediaVIESquerda = 15 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 17.23

Case 2

vIntervaloE = 22.33

Case 3

vIntervaloE = 10.42

Case 4

vIntervaloE = 30.17

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 43

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 44

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 45

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 15 s (lista 3)

If vMediaVIEsquerda = 15 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 10.42

Case 2

vIntervaloE = 17.23

Case 3

vIntervaloE = 0.7

Case 4

vIntervaloE = 2.21

Case 5

vIntervaloE = 3.88

Case 6

vIntervaloE = 50.97

Case 7

vIntervaloE = 5.76

Case 8

vIntervaloE = 30.17

Case 9

vIntervaloE = 13.44

Case 10

vIntervaloE = 22.33

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.91$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.76$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 30.17$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.44$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.88$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.21$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.7$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.23$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.42$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.33$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.97$$

Case 38

vIntervaloE = 30.17

Case 39

vIntervaloE = 3.88

Case 40

vIntervaloE = 5.76

Case 41

vIntervaloE = 0.7

Case 42

vIntervaloE = 2.21

Case 43

vIntervaloE = 7.91

Case 44

vIntervaloE = 13.44

Case 45

vIntervaloE = 7.91

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 20 s (lista 1)

If vMediaVIEsquerda = 20 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 13.89

Case 2

vIntervaloE = 22.97

Case 3

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 4

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 43

vIntervaloE = 2.94

Case 44

vIntervaloE = 7.67

Case 45

vIntervaloE = 10.54

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 20 s (lista 2)

If vMediaVIESquerda = 20 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 67.96

Case 2

vIntervaloE = 2.94

Case 3

vIntervaloE = 22.97

Case 4

vIntervaloE = 17.92

Case 5

vIntervaloE = 0.94

Case 6

vIntervaloE = 5.17

Case 7

vIntervaloE = 29.77

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 35

vIntervaloE = 10.54

Case 36

vIntervaloE = 13.89

Case 37

vIntervaloE = 40.23

Case 38

vIntervaloE = 5.17

Case 39

vIntervaloE = 17.92

Case 40

vIntervaloE = 7.67

Case 41

vIntervaloE = 67.96

Case 42

vIntervaloE = 22.97

Case 43

vIntervaloE = 2.94

Case 44

vIntervaloE = 0.94

Case 45

vIntervaloE = 10.54

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 20 s (lista 3)

If vMediaVIESquerda = 20 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

$$vIntervaloE = 10.54$$

Case 2

$$vIntervaloE = 29.77$$

Case 3

$$vIntervaloE = 67.96$$

Case 4

$$vIntervaloE = 0.94$$

Case 5

$$vIntervaloE = 13.89$$

Case 6

$$vIntervaloE = 17.92$$

Case 7

$$vIntervaloE = 22.97$$

Case 8

$$vIntervaloE = 2.94$$

Case 9

$$vIntervaloE = 5.17$$

Case 10

$$vIntervaloE = 7.67$$

Case 11

$$vIntervaloE = 40.23$$

Case 12

$$vIntervaloE = 13.89$$

Case 13

$$vIntervaloE = 10.54$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 2.94$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.89$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.17$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.67$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.97$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 40.23$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.92$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 29.77$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 0.94$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 67.96$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.54$$

Case 41

vIntervaloE = 13.89

Case 42

vIntervaloE = 2.94

Case 43

vIntervaloE = 7.67

Case 44

vIntervaloE = 5.17

Case 45

vIntervaloE = 10.54

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 25 s (lista 1)

If vMediaVIEsquerda = 25 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 3.68

Case 2

vIntervaloE = 1.17

Case 3

vIntervaloE = 22.4

Case 4

vIntervaloE = 50.29

Case 5

vIntervaloE = 9.59

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 43

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 44

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 45

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

$$v_{\text{CasoVIE}} = 0$$

End Select

End If

VI 25 s (lista 2)

If vMediaVIEsquerda = 25 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 84.95

Case 2

vIntervaloE = 50.29

Case 3

vIntervaloE = 3.68

Case 4

vIntervaloE = 28.71

Case 5

vIntervaloE = 1.17

Case 6

vIntervaloE = 9.59

Case 7

vIntervaloE = 22.4

Case 8

vIntervaloE = 17.36

Case 9

vIntervaloE = 6.46

Case 10

vIntervaloE = 13.18

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 38

vIntervaloE = 22.4

Case 39

vIntervaloE = 13.18

Case 40

vIntervaloE = 6.46

Case 41

vIntervaloE = 3.68

Case 42

vIntervaloE = 84.95

Case 43

vIntervaloE = 50.29

Case 44

vIntervaloE = 17.36

Case 45

vIntervaloE = 13.18

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 25 s (lista 3)

If vMediaVIESquerda = 25 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 17.36

Case 2

vIntervaloE = 84.95

Case 3

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 4

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 50.29$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 28.71$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.17$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 22.4$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 13.18$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 37.21$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 9.59$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 84.95$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 6.46$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 17.36$$

Case 43

$$v_{\text{IntervaloE}} = 3.68$$

Case 44

vIntervaloE = 50.29

Case 45

vIntervaloE = 13.18

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 30 s (lista 1)

If vMediaVIESquerda = 30 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 60.35

Case 2

vIntervaloE = 20.84

Case 3

vIntervaloE = 34.46

Case 4

vIntervaloE = 26.88

Case 5

vIntervaloE = 4.41

Case 6

vIntervaloE = 44.65

Case 7

vIntervaloE = 1.41

Case 8

vIntervaloE = 11.51

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 36

vIntervaloE = 34.46

Case 37

vIntervaloE = 7.75

Case 38

vIntervaloE = 26.88

Case 39

vIntervaloE = 20.84

Case 40

vIntervaloE = 15.81

Case 41

vIntervaloE = 101.94

Case 42

vIntervaloE = 60.35

Case 43

vIntervaloE = 11.51

Case 44

vIntervaloE = 44.65

Case 45

vIntervaloE = 26.88

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 30 s (lista 2)

If vMediaVIESquerda = 30 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 2

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 3

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 4

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 41

vIntervaloE = 101.94

Case 42

vIntervaloE = 1.41

Case 43

vIntervaloE = 20.84

Case 44

vIntervaloE = 4.41

Case 45

vIntervaloE = 26.88

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 30 (lista 3)

If vMediaVIEsquerda = 30 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 4.41

Case 2

vIntervaloE = 11.51

Case 3

vIntervaloE = 44.65

Case 4

vIntervaloE = 7.75

Case 5

vIntervaloE = 26.88

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 20.84$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 101.94$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.41$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 60.35$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 11.51$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 4.41$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.81$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 44.65$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 26.88$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 34.46$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 7.75$$

Case 33

vIntervaloE = 20.84

Case 34

vIntervaloE = 1.41

Case 35

vIntervaloE = 4.41

Case 36

vIntervaloE = 101.94

Case 37

vIntervaloE = 60.35

Case 38

vIntervaloE = 11.51

Case 39

vIntervaloE = 7.75

Case 40

vIntervaloE = 15.81

Case 41

vIntervaloE = 26.88

Case 42

vIntervaloE = 44.65

Case 43

vIntervaloE = 34.46

Case 44

vIntervaloE = 20.84

Case 45

vIntervaloE = 26.88

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 40 s (lista 1)

If vMediaVIEsquerda = 40 And vListaVIE = 1 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 10.34

Case 2

vIntervaloE = 1.88

Case 3

vIntervaloE = 27.78

Case 4

vIntervaloE = 5.88

Case 5

vIntervaloE = 45.94

Case 6

vIntervaloE = 35.84

Case 7

vIntervaloE = 59.53

Case 8

vIntervaloE = 15.35

Case 9

vIntervaloE = 21.08

Case 10

vIntervaloE = 135.92

Case 11

vIntervaloE = 80.46

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 39

vIntervaloE = 15.35

Case 40

vIntervaloE = 21.08

Case 41

vIntervaloE = 27.78

Case 42

vIntervaloE = 10.34

Case 43

vIntervaloE = 45.94

Case 44

vIntervaloE = 59.53

Case 45

vIntervaloE = 5.88

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 40 s (lista 2)

If vMediaVIESquerda = 40 And vListaVIE = 2 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 1.88

Case 2

vIntervaloE = 21.08

Case 3

vIntervaloE = 135.92

Case 4

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 5

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 6

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 7

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 8

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 36

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 37

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 38

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 39

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 40

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 41

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 42

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 43

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 44

vIntervaloE = 80.46

Case 45

vIntervaloE = 15.35

vCasoVIE = 0

End Select

End If

VI 40 s (lista 3)

If vMediaVIEsquerda = 40 And vListaVIE = 3 Then

Select Case vCasoVIE

Case 1

vIntervaloE = 80.46

Case 2

vIntervaloE = 15.35

Case 3

vIntervaloE = 27.78

Case 4

vIntervaloE = 10.34

Case 5

vIntervaloE = 45.94

Case 6

vIntervaloE = 35.84

Case 7

vIntervaloE = 135.92

Case 8

vIntervaloE = 21.08

Case 9

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 10

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 11

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 12

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 13

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 14

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 15

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 16

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 17

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 18

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 19

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 20

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 21

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 22

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 23

$$v_{\text{IntervaloE}} = 35.84$$

Case 24

$$v_{\text{IntervaloE}} = 5.88$$

Case 25

$$v_{\text{IntervaloE}} = 15.35$$

Case 26

$$v_{\text{IntervaloE}} = 10.34$$

Case 27

$$v_{\text{IntervaloE}} = 21.08$$

Case 28

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 29

$$v_{\text{IntervaloE}} = 59.53$$

Case 30

$$v_{\text{IntervaloE}} = 80.46$$

Case 31

$$v_{\text{IntervaloE}} = 27.78$$

Case 32

$$v_{\text{IntervaloE}} = 1.88$$

Case 33

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 34

$$v_{\text{IntervaloE}} = 45.94$$

Case 35

$$v_{\text{IntervaloE}} = 135.92$$

Case 36

vIntervaloE = 80.46

Case 37

vIntervaloE = 27.78

Case 38

vIntervaloE = 5.88

Case 39

vIntervaloE = 1.88

Case 40

vIntervaloE = 59.53

Case 41

vIntervaloE = 21.08

Case 42

vIntervaloE = 35.84

Case 43

vIntervaloE = 10.34

Case 44

vIntervaloE = 15.35

Case 45

vIntervaloE = 10.34

vCasoVIE = 0

End Select

End If