

Efeito de grupo *versus* produção de CO₂ em operárias da formiga cortadeira *Atta sexdens rubropilosa*

Effect of group *versus* CO₂ production in the leaf cutting ant workers *Atta sexdens rubropilosa*

Roberto da Silva Camargo* Luiz Carlos Forti¹

RESUMO

Será que a vida em grupo acarreta uma maior atividade individual, e conseqüentemente, um maior gasto energético? Para responder a essa questão, hipotetizou-se que exista uma maior produção de CO₂ quando se aumenta o tamanho do grupo de formigas operárias e, conseqüentemente, um maior custo energético ao indivíduo quando está em grupo. Assim, grupos de 10, 20, 30, 40 e 50 operárias foram fechados em uma câmara hermética, durante 24 horas. Posteriormente, efetuou-se a medição das concentrações de CO₂ nos recipientes respirométricos. Ao contrário do esperado, a produção de CO₂ e conseqüentemente, o gasto energético individual, não diferiram estatisticamente quando se aumentou o tamanho do grupo de operárias. Dessa forma, refuta-se a hipótese de que o tamanho do grupo conduz a um maior custo energético individual, haja vista a maior interação entre os indivíduos. O estudo com operárias de *Atta sexdens rubropilosa* evidenciou que o tamanho do grupo não conduz a um maior custo energético individual, sendo a produção de CO₂ e, conseqüentemente, o gasto energético individual similar, independente do tamanho do grupo.

Palavras-chave: insetos sociais, *Attini*, custo energético.

ABSTRACT

Does the social life entail greater individual activity, and consequently, higher energy expenditure? To answer this question, we hypothesized that there is higher CO₂ production, when we increase the size of the group of workers, and hence a higher energy cost to the individual when they are in groups. Thus, groups of 10, 20, 30, 40 and 50 workers were sealed in a hermetic chamber for 24 hours. Subsequently, we performed the measurements of the CO₂ concentration in the containers respirometric. Unlike the expected CO₂ production, and consequently the individual energy expenditure did not differ when we increase the size of the group of workers. Thus, we refuted the hypothesis that the group size leads to a higher cost individual energy, since the greater interaction

between individuals. In conclusion, our study with *Atta sexdens rubropilosa* workers determined that the size of the group does not lead to higher energy costs individual and CO₂ production, and therefore energy expenditure similar individual, independent of the group size.

Key words: ants, social insect, *Attini*, energy cost.

INTRODUÇÃO

As relações metabólicas dos animais podem ser definidas em três níveis, o metabolismo padrão, de rotina e o ativo. O primeiro tipo corresponde ao metabolismo basal ou de atividade mínima do animal; o segundo refere-se a um padrão em que os animais têm movimentos limitados, mas não são completamente imobilizados; e o terceiro refere-se ao metabolismo ativo e está relacionado à atividade máxima, como, por exemplo, o voo (PROSSER, 1968).

Em formigas cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*), pode-se categorizar, como metabolismo de rotina, a execução de atividades de baixo custo metabólico no interior de suas colônias, como a limpeza mútua e auto limpeza (WILSON, 1980; CAMARGO et al., 2007). Esses atos comportamentais são atividades comuns entre as operárias, as quais se limpam utilizando suas peças bucais e pernas, sendo que os detritos são conduzidos para a cavidade infra-bucal, compactados, e, posteriormente, descartados (EISNER, 1957; EISNER & HAAP, 1962; LITTLE et al., 2003; LITTLE et al., 2006).

¹Departamento de Produção Vegetal, Laboratório de Insetos Sociais-Praga, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 18603-970, CP 237, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: camargobotucatu@yahoo.com.br. *Autor para correspondência.

Alguns parâmetros comportamentais em insetos sociais podem ser modulados pelo agrupamento (WILSON, 1971). O tamanho do grupo pode afetar a organização coletiva, pois o mesmo comportamento individual tem consequências diferentes quando exibido em um grupo maior, sendo sujeitos a restrições e pressões diferentes de seleção do que em grupos menores (DORNHAUS et al., 2012). Esse efeito do agrupamento já foi estudado em formigas durante a escavação de seus ninhos (BUHL et al., 2004; FRÖHLE & ROCES, 2009; CAMARGO et al., 2012), em que as estruturas formadas são um reflexo do tamanho do grupo, ou seja, um produto da interação entre elas. Por outro lado, quando as formigas estão agrupadas, nem todas realizam atividades (CHEN, 1937; KHARKIV, 1995). Assim, o tamanho do grupo modula a sua atividade, ou seja, algumas são mais ativas enquanto outras menos, afetando sua sobrevivência (CHEN, 1937). Provavelmente, a vida em grupo acarreta em uma maior atividade individual e, conseqüentemente, um maior gasto energético. Dado ao exposto, pergunta-se: será que as operárias apresentam uma maior produção de CO₂ e, conseqüentemente, um maior gasto energético, devido ao agrupamento? Procurando responder essa questão, hipotetizou-se que exista uma maior produção de CO₂, quando se aumenta o tamanho do grupo de operárias, e conseqüentemente, um maior custo energético ao indivíduo quando está em grupo. A aplicabilidade agrônômica da presente pesquisa não é imediata ou direta, mas levanta

possibilidades do uso na metodologia desenvolvida para avaliação da produção de CO₂ por insetos, por exemplo, mensurando a taxa respiratória quando se estuda o modo de ação de inseticidas, bem como podem afetar o indivíduo ou o grupo de insetos que vivem em sociedades complexas, como as formigas cortadeiras.

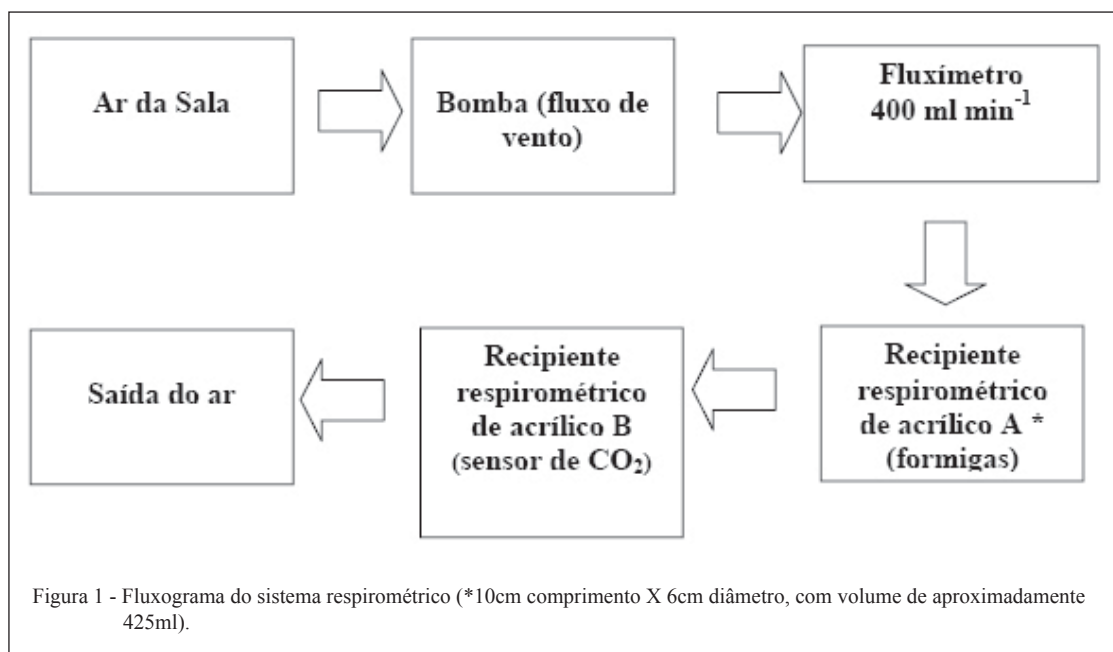
MATERIAL E MÉTODOS

Cinco colônias de laboratório de *Atta sexdens rubropilosa* foram utilizadas para a retirada de operárias médias (largura da cabeça: 1,2 a 1,6mm), as quais apresentam uma ideal massa corporal para estudos fisiológicos (CAMARGO et al., 2012a). Foram acondicionadas à temperatura de 24±2°C, umidade relativa de 80% e um fotoperíodo de 12 horas.

Grupos de operárias foram fechados em uma câmara hermética durante 24 horas, permanecendo isoladas. O procedimento adotado foi o do metabolismo de rotina, no qual os insetos não sofrem contenção dos movimentos dentro dos recipientes.

Foram utilizadas operárias médias, acondicionadas no recipiente respirométrico de acrílico por 24 horas (N=5), utilizando-se as seguintes séries experimentais: Grupo 1: 10 operárias; Grupo 2: 20 operárias; Grupo 3: 30 operárias; Grupo 4: 40 operárias; Grupo 5: 50 operárias.

A massa corporal das operárias foi mensurada em balança analítica (g). Um sistema



respirométrico foi construído conforme a figura 1. O medidor de CO₂ é da marca Testo, modelo 535 com sonda fixa (www.testo.com.br), mantido a 25°C em laboratório. Foram realizadas leituras consecutivas (N=15) da concentração de CO₂ do recipiente respirométrico, para a obtenção de uma média. Os resultados foram expressos em ppm e, posteriormente, transformados em ml ou mg, através do volume conhecido do recipiente respirométrico de acrílico B.

Sabe-se que o coeficiente respiratório de formigas cortadeiras durante atividade é característico de catabolismo de reservas corporais, correspondendo a 27,6J por ml de CO₂ expelido (ROCES & LIGTHON, 1995), permitindo calcular o custo metabólico das operárias de *Atta sexdens rubropilosa*.

A concentração de CO₂ (ml CO₂ mg⁻¹ de massa de formiga) e energia gasta (J) foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) ($\alpha=0,05$), utilizando o programa SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS

A produção de CO₂ (ml) por mg de massa viva de operária foi, em média, de: 0,00162±0,000456 para 10 operárias, 0,00174±0,000481 para 20 operárias, 0,00161±0,000530 para 30 operárias, 0,00115±0,000249 para 40 operárias e 0,00155±0,000760 para 50 operárias (Figura 2A). Ao contrário do esperado, não se detectou diferença estatística na concentração de CO₂ nos distintos agrupamentos por um período de 24 horas (ANOVA, $F_{4,24}=0,946$, $P=0,458$).

A energia gasta por operária foi, em média, de: 0,381±0,109J no grupo 10; 0,420±0,135J no grupo 20; 0,413±0,133J no grupo 30; 0,275±0,0301J no grupo 40; e 0,408±0,166J no grupo 50 (Figura 2B). Também não se detectou diferença estatística nos distintos agrupamentos por um período de 24 horas (ANOVA, $F_{4,24}=1,195$, $P=0,344$).

DISCUSSÃO

Ao contrário do esperado, a produção de CO₂ e, conseqüentemente, o gasto energético individual não diferiram estatisticamente quando se aumentou o tamanho do grupo de operárias. Dessa forma, refutou-se a hipótese de que o tamanho do grupo conduz a um maior custo energético individual, visto a maior interação entre os indivíduos. Esse resultado confirma que a vida em grupo nos insetos sociais é vantajosa para o indivíduo, pois a

cooperação entre eles assegura um desenvolvimento colonial (HÖLLDOBLER & WILSON, 2009), ao mesmo tempo em que não acarreta num alto gasto energético individual que reduziria a longevidade do indivíduo.

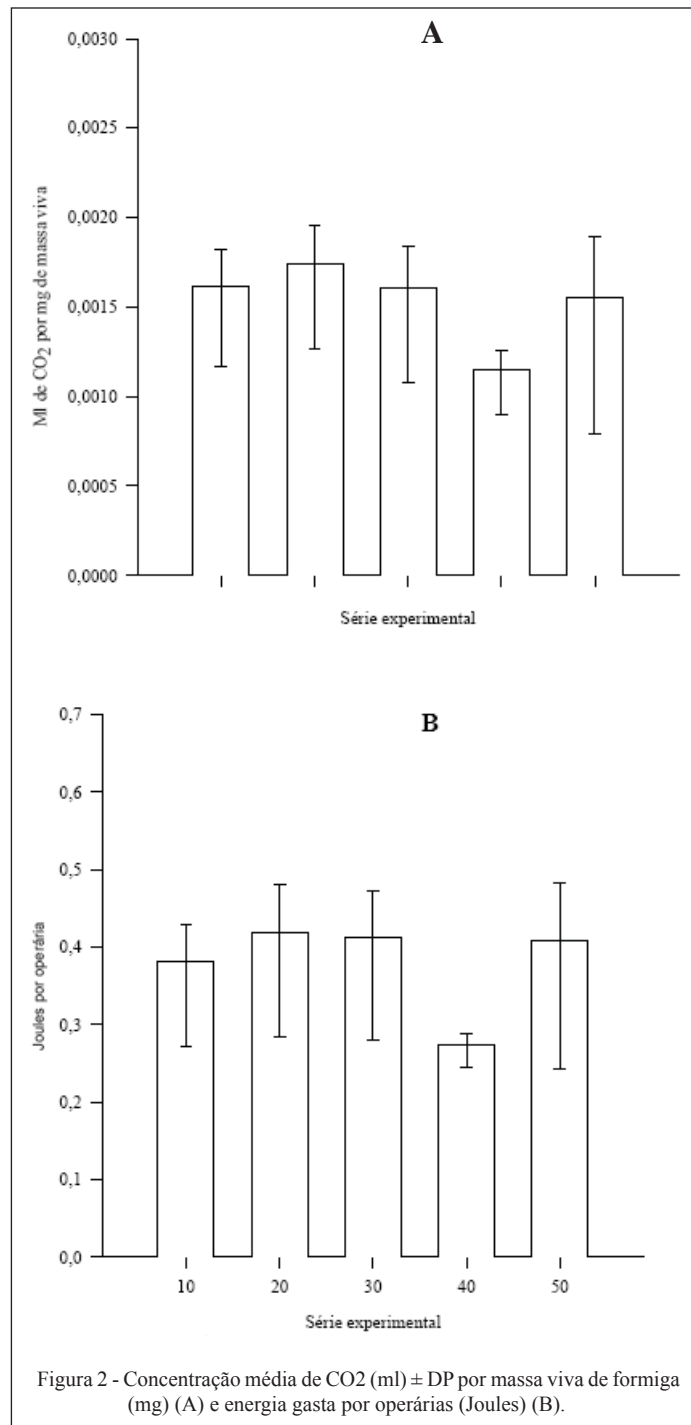
CHEN (1937) verificou que o tamanho do grupo modula a atividade das operárias de *Camponotus japonicus*, ou seja, algumas (operárias menores) são mais ativas enquanto outras menos, afetando sua sobrevivência frente a adversidades, como ressecamento e inanição. Em formigas cortadeiras, é conhecido que as operárias pequenas (mais ativas) têm uma maior probabilidade de atingir a idade avançada do que operárias médias e grandes (menos ativas) (CAMARGO et al., 2007). Esse padrão também foi observado nas formigas tecelãs, *Oecophylla smaragdina*, em que operárias menores tiveram uma probabilidade maior de sobrevivência do que operárias maiores (CHAPUISAT & KELLER, 2002). Segundo esses autores, em um ambiente protegido, operárias menores vivem significativamente por mais tempo do que operárias maiores, demonstrando que os riscos de mortalidade extrínseca podem afetar a evolução das taxas de envelhecimento, sob a perspectiva da teoria da evolução do envelhecimento.

Os valores produzidos são baixos (Figura 2A) quando se comparam com outros insetos e em outras atividades que exigem o metabolismo ativo do organismo, sendo 9,1ml CO₂ h⁻¹ g⁻¹ para *Camponotus rufipes*, durante o transporte de alimento (SCHILMAN & ROCES, 2008) e 55ml CO₂ h⁻¹ g⁻¹ para abelha europeia, durante o voo (BATT & ROCES, 2001). Conseqüentemente, o gasto energético do metabolismo de rotina é baixo, quando comparados com atividades que exigem um metabolismo máximo do organismo (Figura 2B).

Em conclusão, o estudo com operárias de *Atta sexdens rubropilosa* evidenciou que o tamanho do grupo não conduz a um maior custo energético individual, sendo a produção de CO₂ e, conseqüentemente, o gasto energético individual similar, independente do tamanho do grupo.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida pela modalidade Pós-doutorado Júnior. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro aos autores (Processos: 2007/04010-0 e 2007/07091-0). L.C. Forti ao CNPq pela bolsa produtividade à pesquisa (301917/2009-4).



REFERÊNCIAS

BLATT, J.; ROCES F. Haemolymph sugar levels in foraging honey bees (*Apis mellifera carnica*): dependence on metabolic rate and in vivo measurement of maximal rates of trehalose synthesis. **Journal of Experimental Biology**, v.204, p.2709-2716, 2001.

BUHL, J. et al. Nest excavation in ants: group size effects on the size and structure of tunneling networks. **Naturwissenschaften**,

v.91, p.602-606, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi:10.1007/s00114-004-0577-x>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi: 10.1007/s00114-004-0577-x.

CAMARGO, R.S. et al. Nest digging by leaf-cutting ants: effect of group size and functional structures. **Psyche**, v.4 p.1-4, 2012. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/psyche/2012/426719/>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi: 10.1155/2012/426719.

- CAMARGO, R.S. et al. Age polyethism in the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel, 1911 (Hymenoptera: *Formicidae*). **Journal of Applied Entomology**, v.131, p.139-145, 2007. Disponível em: <<http://doi:10.1111/j.1439-0418.2006.01129.x>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1111/j.1439-0418.2006.01129.x.
- CHAPUISAT, M.; KELLER, L. Division of labour influences the rate of ageing in weaver ant workers. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v.269, p.909-913, 2002. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/269/1494/909.full.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1098/rspb.2002.1962.
- CHEN, S.C. Social modification of the activity of ants in nest-building. **Physiological Zoology**, v.10, p.420-436, 1937.
- DORNHAUS, A. et al. Group size and its effects on collective organization. **Annual Review Entomology**, v.57, p.123-141, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21888521>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100604.
- EISNER, T.A. A comparative morphological study of the proventriculus of ants (Hymenoptera: *Formicidae*). **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v.116, n.8, p.439-490, 1957. Disponível em: <<http://antbase.org/ants/publications/5035/5035.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2012.
- EISNER, T.A.; HAAP, G.M. The infrabuccal pocket of a formicine ant: a social filtration device. **Psyche**, v.69, n.3, p.107-116, 1962. Disponível em: <<http://psyche.entclub.org/69/69-107.html>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1155/1962/25068.
- FRÖHLE, K.; ROCES, F. Underground agriculture: the control of nest size in fungus-growing ants. In: THERAULAZ, G. et al. (Eds.). **From insect nest to human architecture**. Veneza, Italia, 2009. p.95-104.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **Superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies**. New York: Norton WW, 2009. 522p.
- KHARKIV, V.A. Organizing activities at initial stages of nest building by ants *Formica sanguinea* (Hymenoptera, *Formicidae*). **Advances in Current Biology**, v.115, p.445-451, 1995.
- LITTLE, A.E.F. et al. The infrabuccal pellet piles of fungus growing ants. **Naturwissenschaften**, v.90, p.558-562, 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14676952>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1007/s00114-003-0480-x.
- LITTLE, A.E.F. et al. Defending against parasites: fungus-growing ants combine specialized behaviours and microbial symbionts to protect fungus gardens. **Biology Letters**, v.2, p.12-16, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17148313>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1098/rsbl.2005.0371.
- PROSSER, C.L. Temperatura. In: PROSSER, C.L.; BROWN Jr., F.A. (Eds.). **Fisiologia comparada**. México: Interamericana, 1968. p.256-306.
- ROCES, F.; LIGHTON, J.R.B. Larger bites of leaf-cutting ants. **Nature**, v.373 p.392, 1995. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v373/n6513/abs/373392a0.html>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1038/373392a0.
- SCHILMAN, P.E.; ROCES, F. Haemolymph sugar levels in a nectar-feeding ant: dependence on metabolic expenditure and carbohydrate deprivation. **Journal of Comparative Physiology**, v.178, p.157-165, 2008. Disponível em: <<http://rd.springer.com/article/10.1007/s00360-007-0207-y>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1007/s00360-007-0207-y.
- WILSON, E.O. **The insect societies**. Cambridge: Belknap of Harvard, University, 1971. 548p.
- WILSON, E.O. Caste and division of labor in leaf-cutter ants (Hymenoptera, *Formicidae: Atta*). I: the overall pattern in *A. sexdens*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.7, p.143-156, 1980. Disponível em: <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/4599319?uid=3737664&uid=2&uid=4&sid=21101521440951>>. Acesso em: 06 dez. 2012. doi:10.1007/BF00299520.