



ARTIGO | ARTICLE

Disponibilidad de recursos florales en campos metalíferos: riqueza de especies, frecuencia de visitación y comportamiento de abejas

*Floral resource availability in ironstone outcrops: abundance
of species, frequency of visits and behavior of bees*

Rafael Dias Loyola¹

Yasmine Antonini²

Claudia Maria Jacobi³

Rogério Parentoni Martins⁴

RESUMEN

Entre los meses de enero y marzo de 2003 cuantificamos un total de 3 942 flores de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae) en un campo metalífero en el sureste de Brasil. Nuestro objetivo fue evaluar las siguientes predicciones: (1) cuanto mayor es el número de flores disponibles, mayor será la frecuencia de visitas de abejas a flores de *S. glabra*, (2) cuanto mayor es el número de flores disponibles, mayor será la riqueza de abejas visitantes y (3) si la temperatura, humedad y luminosidad influyen en la frecuencia de visitación de abejas, entonces esta frecuencia será menor en temperaturas, humedad y luminosidad más bajas. Nueve especies de abejas visitaron 313 flores en 91 episodios de visitación. El número total de flores se correlacionó positiva y significativamente con el número de visitas, pero no con la riqueza de abejas. Variaciones en temperatura, humedad y luminosidad no ejercieron ningún efecto sobre las frecuencias de visitación y sobre el comportamiento de las abejas. Abejas realizaron cuatro tipos de abordaje a las flores: por el exterior de la corola con la cabeza hacia arriba (Tipo 1) o hacia

¹ Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Zoologia, Laboratório de Interações Insetos-Planta. R. Bertrand Russell s/n., Cidade Universitária, CP 6109, 13083-863, Campinas, SP, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: R.D. LOYOLA. E-mail: <avispa@gmail.com>.

² Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Biodiversidade. Ouro Preto, MG, Brasil.

³ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento Biologia Geral, Laboratório de Interação Animal-Planta. Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento Biologia Geral, Laboratório Ecologia e Comportamento de Insetos. Belo Horizonte, MG, Brasil.

abajo (Tipo 2), por el ápice de la corola (Tipo 3) y por el interior de la corola (Tipo 4) Abejas utilizaron más tiempo en el abordaje Tipo 3 y ésta fue la más realizada (44%). Esta es la primera vez que la cantidad de tiempo gastado en los comportamientos exhibidos por diferentes especies de abejas es cuantificada para abejas visitantes florales en campos metalíferos.

Palabras-clave: *Canga*. Campos metalíferos. Disponibilidad de flores. Comportamiento de insectos. *Sierra del Rola Moça*. *Stachytarpheta glabra*. *Xylocopa* sp.

ABSTRACT

From January to March 2003, we quantified a total of 3,942 flowers of Stachytarpheta glabra Cham. (Verbenaceae) in an ironstone outcrop, in southeastern Brazil. Our aim was to evaluate the following projections: (1) the greater the number of flowers available, the higher the frequency of bee visits to flowers of S. glabra, (2) the greater the number of flowers available, the greater will be the abundance of visiting bees and (3) if temperature, humidity and light influence the frequency of bee visits, this frequency will drop with lower temperatures, humidity and light. Nine bee species visited 313 flowers, in 91 separate visits. The total number of flowers had a positive and significant correlation with the number of bee visits, but not with the variety of bee species. Climatic variables did not exert any apparent effect on the rate of bee visits, nor the bees' behavior. Bees performed four types of approach to flowers: the exterior of the corolla with the head directed upwards (Type 1) or head downwards (Type 2), the apex of corolla (Type 3) and the interior of corolla (Type 4). Bees spent more time in Type 3 landings and this was the most common behavior observed (44%). This is the first time that the amount of time spent on the behavior demonstrated by different bees has been quantified for bees visiting flowers in ironstone outcrops.

Key words: *Canga*. Ironstone outcrops. Flower availability. Insect behavior. Serra do Rola Moça. *Stachytarpheta glabra*. *Xylocopa* sp.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, se estima que entre las 250 mil especies de Angiospermas conocidas, un 90% son polinizadas especialmente por insectos. La polinización es influenciada fundamentalmente por tres factores: (1) la actuación de diferentes polinizadores (Pleasants, 1980), (2) la disponibilidad de recursos en distintos horarios o épocas del año (Heinrich & Raven, 1972; Heinrich, 1976; Lack, 1982) y (3) el tipo de recurso floral ofrecido (Heinrich & Raven, 1972).

Los Apoidea son más importantes insectos polinizadores en los trópicos (Kevan & Baker 1983). Las abejas pertenecen a esta súper familia y, tanto individuos adultos como inmaduros, dependen

totalmente de las flores para obtención de polen, néctar, aceites, u otros recursos vegetales (Simpson & Neff, 1981; Macedo & Martins, 1999). Estos recursos son recolectados en distintitas especies de plantas y en horarios también distintos a lo largo del día o períodos de una estación (Ginsberg, 1983; Pleasants, 1980).

En la provincia de *Minas Gerais* existe un área de "importancia biológica extrema" denominada "Cuadrilátero Ferrífero" (Drummond et al., 2005). En esta área hay diversas especies vegetales endémicas y en riesgo de extinción, puesto que la misma sufre con los impactos provenientes de la deforestación, expansión urbana y actividades turísticas (Drummond et al., 2005). En esta región se encuentra una vegetación asociada bastante

peculiar denominada vegetación metalófila que crece sobre un sustrato compuesto básicamente por el mineral hematita (Vincent *et al.*, 2002). Este sustrato impone una serie de restricciones a los vegetales debido a la presencia de metales pesados, a la escasez de suelo, a la baja humedad y a una amplia variación de temperatura - lo que afecta el metabolismo y las tasas de transpiración y respiración. Además, este sustrato (denominado *Canga*), en el "Cuadrilátero Ferrífero", está sometido a una larga sequía (de abril a septiembre), lo que agrava la escasez de agua y limita todavía más el número de especies capaces de adaptarse a dicho ambiente (Vincent *et al.*, 2002).

Stachytarpheta glabra Cham. (Verbenaceae) es un arbusto de 0,5 a 2,0m de altura, muy ramoso y que ocurre en altitudes mayores que 1 000m. En los campos de altitud del "Cuadrilátero Ferrífero", los individuos de *S. glabra* forman agrupamientos densos, alcanzando una altura máxima de 80cm. Sus inflorescencias son vistosas, ya que sus flores tubulares son de un color azul intenso. El período de floración se extiende desde noviembre hasta marzo (Salimena-Pires & Giuliatti, 1998). Esta especie ocurre en áreas de campos metalíferos y ha sido documentada como fuente de recursos a otras guildas de insectos, sean nectarívoros o herbívoros, debido a que cada flor de *S. glabra* produce hasta 25mL de néctar por día (Vincent *et al.*, 2002; Antonini *et al.*, 2005). Tanto el color y la forma, como la ausencia de olor indican que esta especie es visitada por polinizadores diurnos.

Estudios sobre visitantes florales en campos metalíferos son todavía raros y, por ello, procuramos con este estudio no sólo conocer las especies de abejas que visitan flores de *S. glabra* como también contestar a las siguientes preguntas: (1) ¿cuánto más flores de *S. glabra* están disponibles, mayor es la frecuencia de visitas realizadas por abejas a estas flores?, (2) ¿cuánto más flores de *S. glabra* están disponibles, mayor es la riqueza de especies de abejas visitantes?, y (3) ¿hay una influencia directa de variables climáticas en la frecuencia de visitas y en el comportamiento de las abejas? Presentamos

aun datos inéditos, medidos por primera vez, sobre la frecuencia de comportamientos de forrajeo de cada especie de abeja estudiada y comparamos su realización entre las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La Sierra del Rola Moça, pertenece a la "Cadena del Espinhaço", un conjunto de sierras de orientación N-S, con altitud media de 1 000m y aproximadamente 1 000km de extensión. El sitio estudiado tiene un área total de 4 600 hectáreas y está ubicado en el Parque Estadual de la Sierra del Rola Moça, Minas Gerais, Brasil (20°03'S, 44°02'W).

El área del parque está compuesta por campos metalíferos cuyas principales características edáficas son la presencia de metales pesados, baja humedad y materia orgánica, altas temperaturas y escasez de suelo (Silva & Rosa, 1990). El clima de la región es caracterizado por fuertes vientos, intensa radiación solar, variación térmica diaria elevada y estaciones de sequía (invierno) y lluvia (verano) bien definidas.

Muestreo de las abejas visitantes

Entre los meses de enero y marzo de 2003, realizamos nueve muestreos, cada uno de ellos incluyendo un período de cuatro horas: cinco de ellos realizados por la mañana (de 8 a 12 horas) y cuatro por la tarde (de 12 a 16 horas). En cada período de muestreo contamos el número de flores de 75 individuos (valor medio, mínimo = 50 y máximo = 115), con el objetivo de detectar posibles variaciones en la cantidad de recursos florales.

Registramos todas las abejas visitantes en una planta, en un intervalo de diez minutos (frecuentemente, más de una planta fue observada a la vez), y calculamos la suma de los individuos al final del período de muestreo (según lo propuesto por Macedo

& Martins, 1999). La visita de un polinizador fue definida como el período de tiempo transcurrido a partir del momento en que la abeja se posaba en la planta hasta el momento en que volaba en dirección a otro individuo de *S. glabra*. Las abejas visitantes no fueron capturadas para evitar el rompimiento de ramas y la caída de flores. La captura sólo tuvo lugar en situaciones excepcionales en las cuales no fue posible identificar las especies visitantes a simple vista, por los menos a nivel genérico.

Para evaluar la influencia de los factores abióticos sobre el número de visitas diarias y a lo largo del periodo de estudio, realizamos cuatro mediciones de temperatura, humedad relativa del aire (%) e intensidad luminosa (una a cada hora del día). Uno de los muestreos fue realizado en una mañana muy atípica (i.e., con mucha neblina, viento y lluvia) en la cual no hubo visitas, siendo por ese motivo retirado de los análisis estadísticos.

Durante cada periodo de observación registramos las siguientes variables de comportamiento: (1) número total de visitas realizadas, (2) número de visitas a cada flor, (3) tiempo de permanencia de la abeja por planta, (4) tiempo de permanencia de la abeja por flor, (5) número de visitas realizadas por especie de abeja, (6) número de flores visitadas por abeja, (7) tipo de recurso recolectado (néctar o polen), (8) localización del polen en el cuerpo de la abeja, (9) horario de visita y (10) comportamiento de recolecta de recurso.

Análisis estadísticos

Para responder nuestras primeras dos preguntas hicimos regresiones sencillas entre el número de flores y: el número de visitas realizadas por las abejas, el número de especies de abejas visitantes (riqueza), el número de flores visitadas por abejas y el tiempo medio de permanencia de las abejas por flor. Las variables fuertemente correlacionadas al número de visitas fueron identificadas previamente (por una matriz de correlaciones de Pearson) y excluidas del análisis.

Para responder la tercera pregunta, evaluamos la relación entre las variables climáticas y el número de visitas a través de los coeficientes de correlación de Spearman y Pearson, y para evaluar si un determinado tipo de comportamiento de forrajeo (de cada especie de abeja) era más realizado en relación a otro utilizamos la prueba U de Mann-Whitney.

Todos los datos continuos utilizados en los análisis de regresión tuvieron la normalidad de sus residuos probada (Kolmogorov-Smirnov) así como la homogeneidad de sus varianzas (prueba de Levene). Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el uso del programa *Statistica for Windows* 4.3 (StatSoft, Inc. 1995) y se basaron en Zar (1996) y Sokall & Rohlf (1995). En todos los análisis se consideró $\alpha=0,05$.

RESULTADOS

Fueron registradas un total de 432 visitas de abejas sobre los individuos de *S. glabra*, durante las cuales controlamos un total de 3 942 flores, en un tiempo total de observación de 36 horas. La mayor variación del número de flores observadas en un período de muestreo fue de 262 a 613 ($X= 445$, $DP= 118,08$)

De las 3 942 flores registradas, solamente 313 (7,94%) fueron visitadas por abejas. El total de 91 visitas fue realizado por individuos de nueve especies de abejas: *Apis mellifera* Linnaeus, *Bombus (Fervidobombus) sp.*, *Centris (Hemisiella) tarsata* Smith, *Euglossa sp.*, *Eufriesea nigrohirta* Friese, *Paratrigona lineata* (Lepetier), *Pseudaugochlora graminea* (Fabricius), *Xylocopa (Neoxylocopa) hirsutissima* Maidl. y *Xylocopa (Neoxylocopa) sp.*

No hubo relación significativa entre el número de flores disponibles y la riqueza de especies visitantes ($R^2= 0,014$, $P= 0,770$) (Tabla 1), aunque el aumento de la riqueza en especies de abejas siguió la misma tendencia del número de flores disponibles (Figura 1).

Fue observado una relación positiva y significativa entre el número de flores disponibles y el número de visitas ($R^2= 0,620$, $P= 0,020$), y entre el número de flores disponibles y el tiempo de permanencia por flor ($R^2= 0,553$, $P= 0,035$) (Tabla 1, Figura 2).

El 17,6% de las visitas ocurrieron entre 8 y 10 horas, el 27,5% entre las 10 y las 12 horas, el 35,2% entre las 12 y las 14 horas, y el 19,8% entre las 14 y las 16 horas. Aun así, la diferencia entre los períodos (mañana y tarde) no fue estadísticamente significativa ($t= -0,401$, $P= 0,702$, $g.L= 6$) (Figura 3) Además, no hubo relación significativa entre el número de visitas y la temperatura ($r= 0,375$, $P= 0,314$, $g.L= 1$), humedad ($r= 0,202$, $P= 0,602$, $g.L= 1$) y luminosidad ($r_s= 0,560$, $P= 0,116$, $g.L= 1$)

Siempre que hubo recolecta de recursos florales en *S. glabra*, las abejas recolectaron néctar.

Solamente un individuo de *P. lineata* recolectó polen que fue puesto en la corbícula y en la parte dorsal anterior del cuerpo del espécimen.

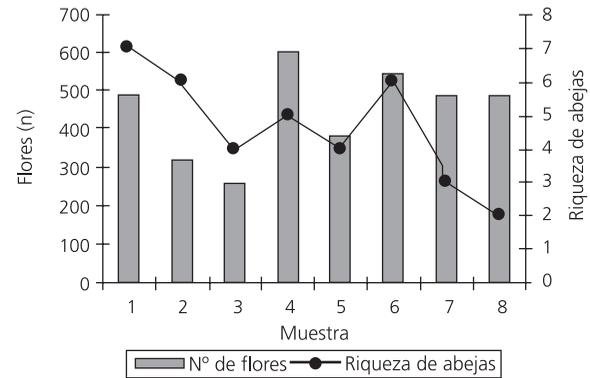


Figura 1. Relación entre el número de flores de *Stachytarpheta glabra* y la riqueza de abejas observada durante el período de estudio.

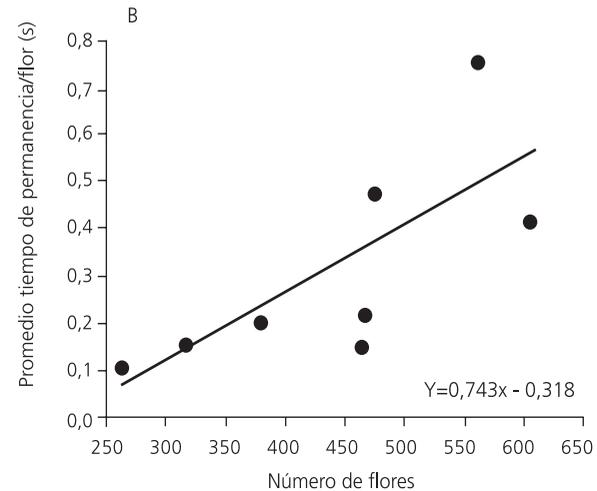
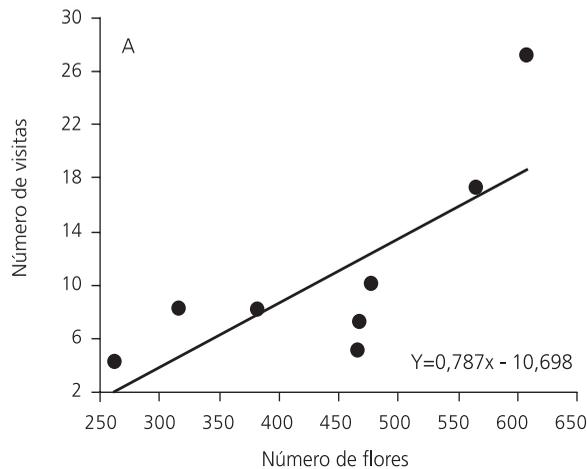


Figura 2. Relación entre el número de flores disponibles en *Stachytarpheta glabra* y (A) el número de visitas observadas durante el período de estudio y (B) el tiempo de permanencia por flor observadas durante el período de estudio.

Tabla 1. Resultado de las regresiones sencillas entre el número de flores de *Stachytarpheta glabra* y el número de visitas, el tiempo de permanencia por flor, el número de especies de abejas visitantes y el número de flores visitadas por cada una de las especies de abeja observadas en el estudio. Para todas las regresiones, $g.l.=6$.

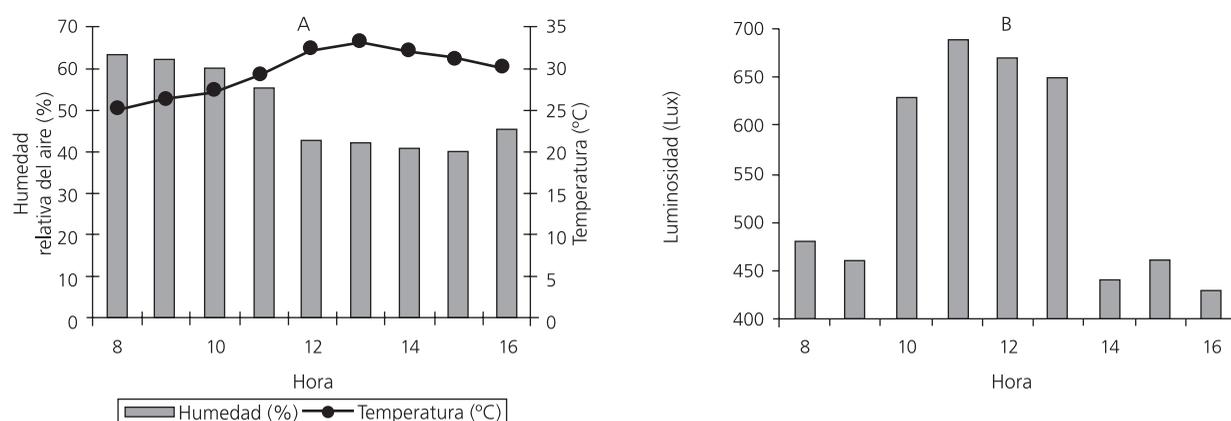
	R^2	P	β	F	Ecuación
Número de visitas	0,620	0,020	0,787	9,780	$y = 0,787x - 10,698$
Tiempo de permanencia por flor	0,553	0,035	0,743	7,411	$y = 0,743x - 0,318$
Número de especies de abejas	0,014	0,770	0,119	0,086	$y = 0,119x + 3,871$
Número de flores visitadas por abejas	0,473	0,059	0,688	5,395	$y = 0,688x - 6,865$

Tabla 2. Frecuencia de los tipos de abordaje realizados por cada especie de abeja en el período de estudio. Los valores entre paréntesis representan el porcentaje de cada tipo de visita dentro del total observado para el referido tipo.

Especie	Comportamiento					
	Exterior (p/ arriba)	Exterior (p/ abajo)	Ápice	Interior	Sin recolección	Total
<i>A. mellifera</i>	1 (4,2)	10 (25,0)			2 (25,0)	13 (14,3)
<i>Bombus</i> sp.	3 (12,5)		5 (29,4)			8 (8,8)
<i>Centris</i> sp.					1 (12,5)	1 (1,1)
<i>Eufriesea</i> sp.			2 (11,8)			2 (2,2)
<i>Euglossa</i> sp.			9 (52,9)		2 (25,0)	11 (12,1)
<i>P. graminea</i>					2 (25,0)	2 (2,2)
<i>P. lineata</i>		1 (2,5)		2 (100,0)		3 (3,3)
<i>Xylocopa</i> spp.	20 (83,3)	29 (72,5)	1 (5,9)		1 (12,5)	51 (56,0)
Total	24 (26,4)	40 (44,0)	17 (18,7)	2 (2,2)	8 (8,8)	91 (100,0)

Tabla 3. Promedio del tiempo de permanencia por planta observado en cada tipo de abordaje y para cada especie de abeja, de enero a marzo de 2003. Los valores entre paréntesis representan el tiempo de permanencia por flor de cada especie, en segundos.

Especie	Comportamiento				
	Exterior (p/ arriba)	Exterior (p/ abajo)	Ápice	Interior	Total
<i>A. mellifera</i>	10,0 (10,0)	29,9 (14,00)			39,9 (24,0)
<i>Bombus</i> sp.		5,6 (3,00)	8,6 (2,6)		14,2 (5,8)
<i>Centris</i> sp.					
<i>Eufriesea</i> sp.			5,5 (3,5)		5,5 (3,5)
<i>Euglossa</i> sp.			17,4 (3,4)		17,4 (3,4)
<i>P. graminea</i>					
<i>P. lineata</i>		11,0 (11,00)		17,5 (10,0)	28,5 (21)
<i>Xylocopa</i> spp.	9,6 (2,7)	20,5 (4,2)	2,0 (1,0)		32,1 (7,9)
Total	19,6 (12,7)	67,0 (32,0)	33,5 (10,5)	17,5 (10,0)	137,6 (65,4)

**Figura 3.** Variación media (n= 8 días) de la temperatura y humedad relativa del aire a lo largo del día (A) y variación diaria media (n= 8 días) de la luminosidad observada durante el período de estudio (B).

Las abejas visitantes presentaron los siguientes comportamientos: Tipo 1, abordaje para recolecta de néctar por el exterior de la corola, con la cabeza hacia al ápice de la flor - en estas ocasiones, cuando la abeja se posaba en la flor, el peso de su cuerpo curvaba el pedúnculo de la inflorescencia, de manera que la flor tenía su néctar robado con la abeja en la misma posición en la que se había posado. Estas visitas incluían el robo de néctar por la base de la corola. Tres especies tuvieron este comportamiento: *Xylocopa (Neoxylocopa) sp.*, *Bombus (Fervidobombus) sp.* y *A. mellifera* (Tabla 2).

Tipo 2, abordaje por el exterior de la corola con la cabeza hacia abajo - en estas ocasiones, los individuos se posaban boca abajo y recolectaban néctar por la base de la corola, cortándola o aprovechándose un corte previamente hecho por otra abeja. *Apis mellifera*, *P. lineata* y las dos especies de *Xylocopa (Neoxylocopa)* realizaron este comportamiento (Tabla 2).

Tipo 3, abordaje por el ápice de la corola - en estas ocasiones la abeja se acercaba a la flor y, aun volando, introducía la glosa hasta el fondo de la corola succionando el néctar. Este tipo de visita fue realizado especialmente por *Euglossa sp.* y *E. nigrohirta* probablemente debido a la gran longitud de su lengua, aunque también fue realizada por *Bombus (Fervidobombus) sp.* y por las dos especies de *Xylocopa (Neoxylocopa)* anteriormente mencionadas (Tabla 2).

Tipo 4, abordaje por el interior da flor. En casos la abeja, siguiendo una trayectoria espiral en dirección al interior de la corola penetraba en la flor - estas visitas eran para coleta de polen y néctar y fueron observadas tan sólo en *P. lineata* (Tabla 2).

Las visitas del Tipo 1 y del Tipo 2 fueron las más frecuentes con un 44% y 26,4%, respectivamente; mientras que las visitas del Tipo 3 y 4 fueron menos frecuentes con un 18,7% y un 22%, respectivamente (Tabla 2). Los tiempos de permanencia por planta y por flor fueron mayores para las visitas del Tipo 2 (67 y 32,2 segundos, respectivamente) Aunque la mayoría de estas visitas haya sido realizada por *Xylocopa (Neoxylocopa) sp.*,

A. mellifera fue la especie que realizó las visitas más demoradas por planta y por flor (39,9 y 24 segundos, respectivamente) (Tabla 3).

El tiempo de permanencia por flor de las visitas realizadas por especies del género *Xylocopa* fue significativamente diferente para cada comportamiento de visita ($U=108,0$, $P=0,0004$, $n=50$), siendo mayor en aquellas en las cuales la abeja dirigía su cabeza hacia abajo (Tabla 3). El tiempo de permanencia por planta para especies no fue significativamente distinto ($U=184,5$, $P=0,055$, $n=50$), este valor marginal de probabilidad indica una tendencia a que este tiempo sea mayor en las visitas del Tipo 2.

DISCUSIÓN

En este estudio, demostramos claramente que la disponibilidad de un mayor número de flores conlleva a un mayor número de visitas de abejas. Este incremento en la disponibilidad de recursos florales hace que las plantas sean más atractivas, sobretodo para especies de Apidae, que prefieren visitar plantas que tengan altas densidades de flores (Heinrich, 1976). Resultados similares fueron encontrados por Antonini *et al.* (2005) estudiando otros visitantes florales de *S. glabra* y por Macedo & Martins (1998) en un estudio sobre la planta invasora *Waltheria americana* L. (Sterculiaceae). La mayor frecuencia de visitas se relaciona también al hecho de que un mayor número de flores e inflorescencias da al arbusto una mayor visibilidad, y, por ello, llama la atención de un mayor número de visitantes (Salimena-Pires & Giulietti, 1998).

Como es conocido, la relación positiva entre el número de visitantes florales y el número de flores disponibles ya ha sido discutida en varios contextos (Schmitt, 1983; Robertson, 1992; Klinkhamer & de Jong, 1993). Lo importante aquí es la presentación de datos como estos en un ecosistema muy poco estudiado, aunque en esta área existan diversas especies vegetales endémicas y en riesgo de extinción (Drummond *et al.*, 2005). La relación positiva entre el número de flores disponibles y la frecuencia de

visitación y entre el número de flores disponibles y el tiempo de permanencia de las abejas en cada flor confirma la importancia del diseño floral y de la producción continuada de flores en *S. glabra*.

La riqueza de especies de abejas también aumentó o disminuyó, según la mayor o menor disponibilidad del número de flores. Aunque esta correlación no haya sido significativa, esta tendencia también parece ser un patrón (véase Macedo & Martins, 1998; Antonini et al., 2005). La baja riqueza en especies de abejas visitantes de flores observada en este estudio puede relacionarse a la adversidad del ambiente y también a la competencia entre otros grupos de insectos y colibríes que también visitan *S. glabra* (para detalles sobre el ecosistema estudiado véase Vincent et al., 2002; Jacobi et al., 2007).

Se ha documentado que la riqueza y la abundancia de especies de abejas disminuye con la altitud como consecuencia de la adversidad climática, reducción del área de hábitat, de la diversidad de recursos y de la producción primaria (McCoy, 1990). Sin embargo, las variables medidas en este estudio, i.e., temperatura, humedad y luminosidad, no ejercieron efecto pronunciado sobre el comportamiento y la frecuencia de visitas de especies de abejas. Algunos estudios demuestran que nubosidad, lluvias y bajas temperaturas pueden limitar el tiempo de forrajeo de abejas y avispas, el cual es mayor en días soleados (Cruden, 1972; Macedo & Martins, 1998). En otro estudio realizado con la misma especie de planta, Antonini et al. (2005) observaron un efecto directo de factores abióticos sobre visitantes florales.

Con base en las conclusiones de estos estudios, la falta de correlación entre los factores abióticos medidos en el presente estudio y la frecuencia de visitas de abejas observadas podría ser explicada por la dominancia casi absoluta de abejas grandes (*Xylocopa* spp.) y medianas (*A. mellifera*) entre las especies visitantes. Se ha documentado que especies con mayor tamaño corporal son menos susceptibles a variaciones de las condiciones abióticas que especies de menor tamaño

(Cruden, 1972; Ramalho et al., 1991; Faria, 1994; Macedo & Martins, 1998). Probablemente, esa característica de las abejas visitantes de *S. glabra* impide que haya una correlación significativa entre la frecuencia de visitación floral y la temperatura. A pesar de eso, la actividad diaria de las abejas mantuvo el patrón típico observado en otros estudios en los cuales el horario preferencial de forrajeo corresponde a un período en el cual la temperatura es intermedia, tanto por la mañana como por la tarde (Kapyła, 1974; Kevan & Baker, 1983; Faria, 1994).

La frecuencia de visitas no se relaciona exclusivamente a las variables climáticas. El volumen y la concentración de néctar pueden influir significativamente en este comportamiento (Roubik, 1989). Abejas pueden utilizar una especie de planta para obtención de polen y otra para néctar y usar todavía un número mayor de especies como fuente de néctar que de polen (Baker & Hurd, 1968). Si esto es una tendencia general, ese hecho asume gran importancia en este estudio, pues las abejas observadas utilizan casi exclusivamente el néctar y una gran parte lo retira por fuera de la corola, indicando que estas especies posiblemente no son polinizadores potenciales de *S. glabra* en el área de estudio. Por lo general, las abejas son de tipo generalistas, visitando distintas especies de plantas, especialmente, cuando el recurso preferido no está disponible (Ginsberg, 1983; Pedro & Camargo, 1991). El hecho de algunas especies realizar pocas visitas a *S. glabra* sugiere que esta planta es un recurso secundario para tales especies. Esta planta parece ser muy importante como fuente de néctar para las abejas existentes en el área de estudio. Abejas visitantes de *S. glabra* probablemente estarían utilizando polen de otras especies de plantas de la región.

Las especies del género *Xylocopa* realizaron tres de los cuatro tipos de comportamiento de visita aquí descritos. Visitaron además más flores y emplearon menos tiempo por planta y por flor que *A. mellifera*. El mayor tiempo de permanencia de las especies de *Xylocopa* en las visitas realizadas por

el exterior de la flor sugiere que esta especie gasta más tiempo robando el néctar de las flores con su cabeza hacia abajo. Este tipo de abordaje puede ser, de alguna forma, ventajoso puesto que *A. mellifera* también lo realiza con mayor frecuencia. Esta es la primera vez que la cantidad de tiempo gastada en distintos tipos de comportamiento exhibidos por abejas visitantes florales, en campos metalíferos, es cuantificada. Otros estudios que logren cuantificar estos comportamientos necesitan ser ejecutados en otros tipos de hábitat y/o para las mismas especies con el objetivo de investigar si son típicos del sistema estudiado o intrínsecos de cada especie de abeja.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Instituto Estadual de Florestas (IEF) por haber concedido la licencia para la realización del trabajo en el Parque Estadual del Rola Moça y a Angelita S. Coelho y Marcus Vinícius O. Araújo por su valioso apoyo en el trabajo de campo. También a Júlio César R. Fontenelle por sus valiosos comentarios al manuscrito original. R.P. Martins es becario 1B del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq).

R E F E R E N C I A S

- Antonini, Y.; Souza, H.G.; Jacobi, C.M. & Mury, F.B. (2005). Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro Preto, MG. *Neotropical Entomology*, 34(4):555-64.
- Baker, H.G. & Hurd, P.D. (1968). Intrafloral ecology. *Annual Review of Entomology*, 13:385-415.
- Cruden, R.W. (1972). Pollinators in high elevation ecosystems: relative effectiveness of birds and bees. *Science*, 176(4042):1439-46.
- Drummond, G.M.; Martins, C.S.; Machado, A.B.M.; Sebaio, F. & Antonini, Y. (2005). *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Versão atualizada*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Faria, G.M. (1994). *A flora e a fauna apícola de um ecossistema rupestre, Serra do Cipó - MG, Brasil: composição, fenologia e suas interações*. Tese - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Ginsberg, H.S. (1983). Foraging ecology of bees in an old field. *Ecology*, 64(1):165-75.
- Heinrich, B. (1976). Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: diversity and phenology. *Ecology*, 60(1):190-202.
- Heinrich, B. & Raven, P.H. (1972). Energetics and pollination ecology. *Science*, 176(4035):597-602.
- Jacobi, C.M.; Carmo, F.F.; Vincent, R.C. & Stehmann, J.R. (2007). Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 16(7):2185-200.
- Kapyla, M. (1974). Diurnal flight activity in a mixed population of Aculeata (Hymenoptera). *Annales Entomologicae Fennicae*, 40(2):61-9.
- Kevan, P.G. & Baker, H.G. (1983). Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28: 407-53
- Klinkhamer, P.G.L. & de Jong, T.J. (1993). Attractiveness to pollinators: a plant's dilemma. *Oikos*, 66(1):180-4.
- Lack, A.J. (1982). Competition for pollinators in the ecology of *Centaurea scabiosa* L. and *Centaurea nigra* L.I.: variation in flowering time. *New Phytologist*, 91(2):297-308.
- Macedo, J.F. & Martins, R.P. (1998). Potencial da erva daninha *Waltheria americana* (Sterculiaceae) no manejo integrado de pragas e polinizadores: visitas de abelhas e vespas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (Neotropical Entomology)*, 27(1):29-40.
- Macedo, J.F. & Martins, R.P. (1999). A estrutura da guilda de abelhas e vespas visitantes florais de *Waltheria americana* L. (Sterculiaceae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil (Neotropical Entomology)*, 28(4):617-33.
- McCoy, E.D. (1990). The distribution of insects along elevation gradients. *Oikos*, 58(3):313-22
- Pedro, S.R.M. & Camargo, J.M.F. (1991). Interactions on floral resource between the Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) and the native bee community (Hymenoptera: Apoidea) in a natural "Cerrado" ecosystem in southeast Brazil. *Apidologie*, 22(4):397-415.
- Pleasants, J.M. (1980). Competition for bumblebee pollinators in Rocky Mountain Plant. *Ecology*, 61(6): 1446-59.
- Ramalho, M.; Imperatriz-Fonseca, V.L. & Kleinert-Giovannini, A. (1991). Ecologia nutricional de abelhas sociais. In: Panizzi, A.R. & Parra, J.R.P. (Ed.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo: Manole. p.225-52.
- Robertson, A.W. (1992). The relationship between floral display size pollen carryover and geitonogamy in *Myosotis colensoi* (Kirk) Macbride (Boraginaceae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 46(4):333-49.

- Roubik, D.W. (1989). *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Salimena-Pires, R.F. & Giulletti, A.M. (1998). Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Verbenaceae. *Boletim Botânico da Universidade de São Paulo*, 17:155-86.
- Schmitt, J. (1983). Flowering plant density and pollinator visitation in *Senecio*. *Oecologia*, 60(1):97-102.
- Silva, M.F.F. & Rosa, N.A. (1990). Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás - Serra Norte. I. Aspectos fito-ecológicos dos campos rupestres. *Anais do Congresso Nacional de Botânica*, 35:367-79.
- Simpson, B.B. & Neff, J.L. (1981). Floral rewards: alternatives for pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 68(2):301-22.
- Sokal, R.R. & Rohlf, J.F. (1995). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. New York: W.H. Freeman.
- Statsoft INC. (1995). *Statistica for Windows [computer program manual]*. Tulsa.
- Vincent, C.R.; Jacobi, C.M. & Antonini, Y. (2002). Diversidade na adversidade: a vida nos campos ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero. *Ciência Hoje*, 31(185):64-7.
- Zar, J.M. (1996). *Biostatistical analysis*. 3rd ed. New Jersey: Prince-Hall.

Recibido en: 12/6/2007
Aprobado en: 16/8/2007