

**PETRÚCIO CARLO RODRIGUES DE MEDEIROS**



**POLINIZAÇÃO DE *Turnera subulata* Smith (TURNERACEAE) UMA  
ESPÉCIE RUDERAL COM FLORES DISTÍLICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

**RECIFE - PE  
2001**

**PETRÚCIO CARLO RODRIGUES DE MEDEIROS**

**POLINIZAÇÃO DE *Turnera subulata* Smith (TURNERACEAE) UMA  
ESPÉCIE RUDERAL COM FLORES DISTÍLICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Clemens Schindwein

**RECIFE - PE  
2001**

**Recife, 14 de julho de 2001**

**BANCA EXAMINADORA**

**TITULARES:**

**Prof. Dr. Clemens Schlindwein**  
**(Orientador)**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura**

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Isabel Cristina S. Machado**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura**

**Prof. Dr. Celso Martins**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura**

**SUPLENTE:**

**Suplente:**

**Suplente:**

***Não deixo todavia de experimentar uma extrema satisfação com o progresso que penso já haver feito na indagação da verdade e de conceber tais esperanças para o futuro que, se entre as ocupações dos homens, puramente humanas, alguma existe solidamente boa e importante, ousou crer que foi a que escolhi.***

*Descartes*

“Ao Senhor Deus que é a minha força e o meu escudo, e que escuta o meu clamor”. Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

**Este trabalho pôde ser realizado graças a colaboração de Instituições e pessoas às quais expresso meus sinceros agradecimentos:**

- Ao Professor Clemens Schindwein, pelo estímulo, amizade e paciência, com que conduziu a orientação deste trabalho;

- À companheira Evelise Locatelli, pelo carinho, paciência, dedicação, estímulo e ajuda em várias etapas da execução deste trabalho;

- À minha mãe Francisca Rodrigues Medeiros, e meus irmãos Socorro, Franklin (em memória), Sílvio e Andaluzia, pela compreensão, incentivo e afeto, sem os quais as dificuldades seriam maiores;

- À todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal pela agradável convivência e atenção.

- As amigas Luciana Teixeira, Mary Santos, Isa Regina, Cleci Neves e Ariadna Lopes, pelas horas agradáveis, sincera amizade, companheirismo e incentivo;

- A Priscila Martini, pela amizade e sinceridade; aos companheiros do Lab. de Ecol. Vegetal, Leonardo Pierot, Paulo, Reislá, Eduardo, Bela e Lícia, pelo convívio agradável e companheirismo;

- As meninas do Lab. de Biologia Vegetal, , Elisângela, Isadora, Ana Virgínia, Tarcila e Mirtes, pelos incentivos e momentos alegres de convivência.

- Aos companheiros de Curso, Sílvia, Shirley, Ulisses, Valdeline, Raquel, Adriana, Daniela, José Alves, Márcio, Augusto, e Joelma, pelos ótimos momentos em sala de aula;

- À George Sidney Baracho, pela confecção das ilustrações, amizade e companheirismo.

- À João Batista de Souza, Marilene Locatelli, Vanêssa de Souza e Renê Malherbi pela ajuda, carinho e incentivo;

- À Isabel Cristina Machado pela amizade e pelo livre acesso e permissão de uso dos equipamentos do Laboratório de Biologia Floral;

- À Marcelo Guerra e ao pessoal do Lab. de Citogenética Vegetal pela utilização do microscópio para análise polínica.

- À Maria Mercedes Arbo, pela identificação das espécies de Turneraceae; à professora Luciana Iannuzzi, pela identificação dos Coleópteros; à Olaf Mielke e Fátima C. de Lima pela identificação dos Lepidópteros; à André Santos pela ajuda na análise estatística.

- Ao Sr. Aureo Guedes Filho e Antônio Soares de Melo, por permitir o livre acesso à estação experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba (EMEPA);

- Ao CNPq, que financiou parte deste trabalho;

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA – Estudos em Turneraceae .....</b>	<b>12</b>
<b>Biologia Floral.....</b>	<b>12</b>
<b>Heterostilia.....</b>	<b>13</b>
<b>Citogenética.....</b>	<b>14</b>
<b>Taxonomia.....</b>	<b>15</b>
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>16</b>
<b>4. MANUSCRITOS</b>	
<b>4.1. Polinização de <i>Turnera subulata</i> Smith (Turneraceae) no         Nordeste do Brasil: dependência unilateral de uma abelha         oligolética.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1.1 Lista de Tabelas.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2. Lista de figuras.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2. Territórios de machos, acasalamento, distribuição e relação         com plantas em <i>Protomeliturga turnerae</i>         (Ducke, 1907)(Hymenoptera, Andrenidae).....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.1 Lista de Tabelas.....</b>	<b>69</b>
<b>4.2.2. Lista de figuras.....</b>	<b>70</b>
<b>5. ANEXO – Pranchas ilustrativas da Dissertação.....</b>	<b>83</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantas com flores originaram-se aproximadamente há 145 milhões de anos atrás, essas plantas dominaram sobre as mais antigas, gymnospermas de 350 milhões de anos. Hoje há aproximadamente 220.000 espécies, comparadas com 750 de gymnospermas (Bawa 1995). A diversificação das angiospermas tem intrigado evolucionistas desde o tempo de Darwin e essa proliferação das plantas com flores tem muitas vezes sido atribuída à fatores reprodutivos, particularmente, a polinização e a dispersão de sementes por animais (Bawa, *op.cit.*). Recentemente, a relação entre plantas e animais tem se tornado um paradigma para os estudos típicos de processos evolucionários (Schemske 1983; Galen 1989; Armbruster 1990 e 1992).

As angiospermas parecem ter evoluído numa estreita dependência em relação a diversos grupos animais para sua polinização e dispersão (Stebbins 1970; Bawa 1990). Entretanto, insetos e alguns vertebrados precisam das plantas como fonte de alimento ou outros requisitos (Janzen 1980).

As relações entre plantas e visitantes florais estão baseados numa troca de recompensas e várias formas de especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais que têm surgido ao longo da história evolutiva desses grupos (Grant 1950; Simpson & Neff 1981). Do ponto de vista animal, polinização é um produto secundário da colheita de um recurso largamente espalhado (pólen, néctar, óleo, resina) que é fornecido nas flores, enquanto que para as plantas polinização é uma maneira de aumentar ao máximo o fluxo gênico de pólen entre os indivíduos (Janzen 1980). As flores diferenciaram-se e se modificaram de modo a atrair agentes polinizadores mais eficientes. Todas essas especializações têm seu custo, por isso as plantas buscam limitar o acesso às recompensas àqueles animais específicos que atuam como polinizadores.

O conjunto de atributos que as flores apresentam, tanto morfológicos como fisiológicos, está associado aos polinizadores e auxilia na

previsão do modo de polinização das diferentes espécies. A polinização das flores por animais muitas vezes permitem co-adaptações entre planta-polinizador, tornando o sistema altamente eficiente.

Os insetos, principalmente as abelhas, constituem um dos principais grupos de polinizadores das espécies vegetais, os quais desempenham uma atividade fundamental nas comunidades florísticas alógamas, pois são responsáveis por grande parte do fluxo gênico entre indivíduos e populações adjacentes (Faegri & Pijl, 1979).

Algumas espécies de abelhas apresentam relações estreitas com plantas, em geral caracterizadas por adaptações morfológicas, fisiológicas ou comportamentais para a coleta de recursos florais, muitas vezes tornando-se interações obrigatórias para ambos os lados. As especializações em abelhas ocorrem quase exclusivamente em tribos de espécies solitárias, como Paracolletini, Dufoureini, Melitomini e Lithurgini (Schlindwein 2000). Entretanto faltam estudos de interação abelha/planta sobretudo nas tribos Colletini, Dianthidiini, Megachilini e Panurgini.

A contribuição dos estudos de biologia floral e da ecologia da polinização são fundamentais para a compreensão das diferentes estratégias adaptativas de uma espécie ou população, além de ser de grande importância nos estudos taxonômicos, fitogeográficos e evolutivos (Proctor & Yeo, 1996; Faegri e van der Pijl, 1979).

A família Turneraceae abrange 10 gêneros e 170 espécies. Urban (1883) em sua revisão básica da família, reconheceu 5 gêneros, destes, *Turnera* foi estruturado com 9 séries. A série *Canaligerae* possuía cinco espécies, uma das quais *Turnera ulmifolia*, complexo formado por 12 variedades. Atualmente o gênero *Turnera* possui 100 espécies que ocorrem desde o sul dos Estados Unidos até a região central da Argentina (Fernandez & Arbo, 1996). As variedades do complexo *T. ulmifolia* foram reconhecidas como espécies independentes por apresentarem uma combinação de características morfológicas diferenciais (Backer, 1951; Arbo & Fernandez, 1987; Arbo, 1985). *Turnera subulata* (*T. ulmifolia* var. *elegans*) exibe variação no tamanho dos órgãos reprodutivos conhecido como heterostília, apresentando populações com formas distílicas. (Barrett, 1978).

O termo heterostilia foi usado pela primeira vez, em 1866, por Hildebrand (Ganders, 1979) no sentido morfológico, sem qualquer implicação com a fertilidade ou a compatibilidade das plantas. Darwin (1877), fez o primeiro estudo extenso de flores heterostílicas; ele descobriu que a heteromorfia é ligada à mecanismos para evitar a auto fecundação, entretanto, Darwin restringiu o termo àquelas espécies em que as formas heterostílicas eram autoincompatíveis e não passíveis de cruzamento dentro de uma mesma forma.

A heterostilia apresenta um complexo de caracteres, tanto morfológicos como fisiológicos controlados geneticamente. Morfologicamente as plantas heterostílicas apresentam dois (distilia) ou três (tristilia) tipos de flores que caracterizam-se pela diferença no comprimento dos estames e estigmas (hercogâmia recíproca) (Vuilleumier 1967; Ganders 1979). As plantas distílicas apresentam flores brevistílicas que possuem estiletos curtos e filetes longos e flores longistílicas que possuem estiletos longos e filetes curtos. Muitas vezes as duas formas apresentam também diferenças no tamanho, na ornamentação e no número dos grãos de pólen e na morfologia da superfície estigmática. Fisiologicamente, a heterostilia normalmente está associada a dupla incompatibilidade (Barrett 1992), ou seja, os cruzamentos entre as formas longistílicas e brevistílicas são compatíveis, porém entre indivíduos da mesma forma são geralmente incompatíveis (Dowrick, 1956).

A heterostilia ocorre em 25 famílias de angiospermas (Ganders 1979), outros casos possíveis são listados em Barrett (1993) e Barrett & Cruzan (1994). Nas últimas duas décadas foram realizados muitos estudos sobre o mecanismo genético de auto-incompatibilidade de plantas heterostílicas (Barrett, 1978, 1992; Barrett & Shore, 1985, 1987; Charlesworth, 1979; Ganders, 1979).

O gênero *Turnera* tem sido amplamente estudado citogeneticamente, numa tentativa de reconhecer e determinar os diferentes taxons (Shore & Barrett, 1985; Fernandez, 1987; Solis Neffa & Fernandez, 1993; Fernandez & Arbo, 1989, 1996).

Ducke (1907) descreveu uma abelha encontrada nos estados do Maranhão e Ceará, que visitava apenas flores de *Turnera*. Essa abelha foi inicialmente incluída por Ducke no gênero *Calliopsis*. Alguns anos depois colocada em um gênero *Protomelliturga* (Ducke, 1912). Essas abelhas possuem peças bucais que lembram abelhas "superiores" (sugadoras) apresentando palpos com 2 artículos achatados formando uma bainha que serve para sugar néctar, e caracteres morfológicos típicos de abelhas "inferiores" (lambedoras) da família Andrenidae. Numa revisão da subfamília Panurginae Ruz (1991) cita *P. turnerae* como único representante da tribo Protomeliturgini. Além desses estudos não existem outras informações sobre a biologia dessa abelha.

*Turnera subulata* como outras plantas heterostílicas, foram intensamente estudadas geneticamente, porém, a interação entre flores heterostílicas e seus polinizadores ainda é pouco conhecida, além disso não existem informações sobre a biologia da abelha *Protomeliturga turnerae* e sua interação com flores de *T. subulata*. Este trabalho visa analisar o sistema reprodutivo, a biologia floral e descrever as interações entre polinizadores e flores de *Turnera subulata*.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão está organizada em função dos diferentes assuntos abordados em trabalhos envolvendo a família Turneraceae.

### 2.1. Biologia floral

Os nectário foliar e floral de *Turnera ulmifolia* foram estudados em 1975 por Elias *et al.*, sendo observado que, tanto o nectário foliar como o floral apresentam néctar contendo concentrações de glucose, frutose e sacarose.

A biologia reprodutiva do complexo *Turnera ulmifolia* foi estudada por Barrett (1978). Ele estudou três variedades de *Turnera ulmifolia*: Variedade *elegans*, *intermédia* e *surinamensis*, não encontrando diferença significativa na fecundidade das sementes nessas formas florais, todas foram polinizadas por insetos, principalmente abelhas *Exomalopsis* sp..

Em 1983, Shore e Barrett observaram o efeito da intensidade e incompatibilidade do pólen na formação de sementes em *Turnera ulmifolia*. Constataram que aproximadamente de 2 a 7 grãos de pólen são requeridos para produzir uma semente e mais do que 95 grãos são necessários para produzir um grupo máximo de sementes.

A quantidade de pólen nas dimórficas de *Turnera subulata* foi verificado por Swamy & Bahadur (1984). Os autores observaram que flores brevistilas e longistilas apresentaram o mesmo número de grãos de pólen e que apenas 3-7% dos pólenes produzidos participam na polinização. Os estigmas das flores longistilas recebem cerca de 425 grãos de pólen enquanto os estigmas das flores brevistilas recebem cerca de 327.

Barrett & Shore (1987) estudaram a variação e evolução do sistema reprodutivo no complexo *Turnera ulmifolia*, citando que as formas heterostílicas são derivadas de plantas homostílicas de estiletos curtos.

A anatomia e vascularização floral de *Piriqueta racemosa*, *Turnera hassleriana* e *T. joelii* foi analisada por Gonzalez (1993).

A competição polínica em *Turnera ulmifolia* foi estudada por Baker & Shore (1995). Os autores não encontraram uma evidência significativa na competição polínica para a polinização cruzada, eles sugerem que o sucesso na polinização entre as populações estudadas pode ser adaptações à diferentes polinizadores.

Gonzalez (1996) observou os nectários extraflorais em *Turnera*, serie Canaligeræ e Leiocarpæ, cita que esses nectários originam-se no ápice ou na base do pecíolo das folhas.

## **2.2. Heterostilia**

Vuilleumier (1967), foi um dos primeiros trabalhos a abordar a origem e o desenvolvimento da heterostilia nas angiospermas, neste trabalho o autor cita o grau de incompatibilidade fisiológica e o dimorfismo morfológico no gênero *Turnera*.

Em 1974, Ornduff relata heterostilia em algumas espécies da África do Sul e cita que a heterostilia é bastante difundida na família Turneraceae e que no Novo mundo as espécies heterostílicas de Turneraceae estão associadas com um forte sistema de incompatibilidade.

A biologia da heterostilia observada em vários gêneros heterostílicos distribuídos em 24 famílias de angiospermas, foi realizada por Ganders (1979), citando a ocorrência de heterostilia em 5 gêneros da família Turneraceae.

Swamy & Bahadur (1981), estudaram heterostilia e incompatibilidade em *Turnera subulata*.

Em um estudo de revisão da heterostilia em plantas tropicais, Barrett & Richards (1990), citam modificações evolutivas em distilia e homostilia, entre elas um modelo evolucionário entre formas distílicas e homostílicas no complexo *Turnera ulmifolia*.

### **2.3. Citogenética**

*Turnera ulmifolia* é um complexo de variedades polimórficas de diploidia, tetraploidia e hexaploidia. As formas distílicas são diploides e tetraploides e as formas homostílicas são hexaploides, esses resultados foram citados no trabalho de Shore & Barrett (1985).

Arbo & Fernandez (1987), realizaram o cruzamento intra e interespecífico em *Turnera*, serie Canaligerae, este trabalho teve como objetivo investigar as relações genômicas entre as espécies dessa série.

Estudos cromossômicos em *Turnera* e *Piriqueta* foram analisados por Fernandez (1987). A autoploidia e a alopoliploidia tem um importante papel na evolução das espécies de *Turnera* e *Piriqueta*.

As relações genômicas entre *Turnera concinna*, *T. krapovickasii*, *T. scabra* e *T. subulata*, foram estudadas por Fernandez & Arbo (1989). A análise morfológica e citogenética indicam relações entre *T. scabra* e *T. subulata* e entre *T. concinna* e *T. krapovickasii*. O estudo citogenético de todos os híbridos entre essas espécies confirmam que elas são taxos independentes.

Posteriormente os mesmos autores, Fernandez & Arbo (1990) analisaram o comportamento meiótico de espécies híbridas que resultaram de gametas reduzidos e não reduzidos entre as espécies de *Turnera krapovickasii* e *T. grandidentata*.

O estudo cromossômico de cinco espécies de *Turnera* e uma variedade foi estudado por Neffa & Fernandez (1993).

Em 1996, Neffa descreveu pela primeira vez os cariótipos de 5 espécies diploides de *Turnera* e os citotipos diploides e tetraploides de *Turnera scabra*, sendo este estudo de grande importância dado a grande quantidade de poliploides que o gênero *Turnera* apresenta.

No mesmo ano, Fernandez & Arbo (1996), estudaram as relações genômicas entre as espécies diplóides de flores branco-azuladas de *Turnera* (série Canaligerae). A análise citogenética de todos os híbridos entre as espécies de *Turnera candida*, *T. grandiflora*, *T. caerulea* e *T. caerulea* var. *surinamensis* indicaram que elas apresentam o mesmo genoma básico.

Posteriormente, o mesmo autor, Fernandez (1997), realizou um estudo citogenético em híbridos entre uma espécie octoploide, *Turnera aurelii* e dos diploides, *T. caerulea* e *T. joelii*.

## **2.4. Taxonomia**

Urban (1883) em sua revisão básica da família, reconheceu 5 gêneros, destes, *Turnera* foi estruturado com 9 séries. A série *Canaligeræ* possuía cinco espécies, uma das quais *Turnera ulmifolia*, complexo formado por 12 variedades.

Vuppuluri (1969) descreveu *Turnera subulata* e apresenta algumas diferenças entre esta espécie e *T. ulmifolia*.

No mesmo ano Moura (1969) descreveu uma nova espécie de *Turnera* encontrada no Pará/Brasil, *Turnera breviflora*.

Em 1973 o mesmo autor descreve outra espécie de *Turnera* também ocorrente no Pará, *Turnera tapajoensis*. O autor cita que esta espécie tem muita afinidade com *T. stipularis* e *T. venosa*.

Arbo (1977) na revisão de *Turnera* americanas, encontrou uma espécie descrita como *Piriqueta cubensis*. Esta espécie possuía características únicas na família que justificaram a separação em um gênero independente, *Adenoa*.

Na flora fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil), Juan-Mendaçolli (1986) encontrou um espécie de Turneraceae, *Turnera capitata*.

Arbo (1993) estudou coleções de material depositado em Herbários no Brasil e detectou para o gênero *Turnera* 9 espécies novas.

A mesma autora em 1997 realizou um estudo sistemático em *Turnera* da série Salicifoliae e Stenodictyae, a primeira com 12 espécies e a segunda com nove, dois novos taxons foram descritos: *Turnera ignota* e *T. hindsiana* subsp. *brachyantha*, ambas da série Salicifolia.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbo, M. M. 1977. *Adenoa*, nuevo genero americano de Turneraceae. Hickenia boletin del darwinion Volume 1(16): 87-92.
- Arbo, M. M. 1985. Notas toxonómicas sobre Turneráceas sudamericanas. Candollea 40: 175-191.
- Arbo, M. M. 1993. Nuevas especies americanas de *Turnera* (Turneraceae). Bonplandia 7(1-4): 63-99.
- Arbo, M. M. 1997. Estudios sistemáticos en *Turnera* (Turneraceae). I. series Salicifoliae y Stenodictyae. Bonplandia 9(3-4): 151-208.
- Arbo, M. M. & Fernandez, A. 1987. Cruzamientos intra e interespecíficos en *Turnera*, serie Canaligeræ. Bonplandia 6 (1): 23-38.
- Armbruster, W. S. 1990. Estimating and testing adaptive surfaces: the morphology and pollination of *Dalechampia* blossoms. Am. Nat.135: 14-31.
- Armbruster, W. S. 1992. Phylogeny and the evolution of plant-animal interactions. BioScience Vol. 42(1): 12-20.
- Bawa, K. S. 1990. Plant polinator interactions in tropical rain forest. Ann. Rev. Ecol. Syst., 21: 399-422.
- Bawa, K. S. 1995. Pollination, seed dispersal and diversification of angiosperms. Trends in Ecology & Evolution vol 10(8) 311-312.
- Backer, C. A. 1951. Turneraceae. Flora Malesiana Ser. I Spermatophyta. 4: 235-238.
- Baker, A. M. & Shore, A. J. S. 1995. Pollen competition in *Turnera ulmifolia* (Turneraceae). American Journal of Botany 82(6): 717-725.
- Barrett, S. C. H. 1978. Heterostyly in a tropical weed: the reproductive biology of the *Turnera ulmifolia* complex (Turneraceae). Canadian J. Bot. 56(15): 1713-1725.
- Barrett, S. C. H. 1992. Evolution and function of heterostyly. Monographs on theoretical and applied genetics. Springer-Verlag. 279 p.
- Barrett, S. C. & Shore, J. S. 1985. Dimorphic incompatibility in *Turnera hermannioides* Camb. (Turneraceae). Ann. Missouri Bot. Gard. 72: 259-263.

- Barrett, S. C. 1987. Variation and evolution of breeding systems in the *Turnera ulmifolia* L. complex (Turneraceae). *Evolution* 41: 340-354.
- Barrett, S. C. & Richards, J. H. 1990. Heterostyly in tropical plants. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55: 35-61.
- Charlesworth, D. 1979. The evolution and breakdown of tristily. *Evolution* 33: 486-498.
- Darwin, C. 1877. *The different forms of flowers on plants of the same species*. John Murray. London.
- Dowrick, V. P. J. 1956. Heterostyly and homostyly in *Primula obconica*. *Heredity* 10: 219-236.
- Ducke, A. 1907. Contribution à la connaissance de la fauna Hymenoptérologique du Nord-Est du Bresil. *Revue d'Entomol.* 26: 73-96.
- Ducke, A. 1912. Die natürlichen Bienengenera Sudamerikas. *Zool. Jahrb., Abt. Syst.* 34: 51-116.
- Elias, T. S.; Rozich, W. R. & Newcombe, L. 1975. The foliar and floral nectaries of *Turnera ulmifolia* L.. *Amer. J. Bot.* 62(6): 570-576.
- Faegri, K. & Van Der Pijl, L. 1979: *The Principles of Pollination Ecology*. London, Pergamon Press. 3 edition.
- Fernandez, A. 1987. Estudios cromossomicos en *Turnera* y *Piriqueta* (Turneraceae). *Bonplandia* 6(1): 1-21.
- Fernandez, A. 1997. Estudio citogenético en híbridos entre una especie octoploide, *Turnera aurelii* y dos diploides, *T. caerulea* y *T. joelii*. *Bonplandia* 9(3-4): 281-286.
- Fernandez, A. & Arbo, M. M. 1989. Relaciones genómicas entre cuatro especies diploides de *Turnera* com flores amarillas (Serie *Canaligeræ*). *Bonplandia* 6(2): 93-109.
- Fernandez, A. & Arbo, M. M. 1990. Gametas no reducidas y relaciones genómicas en tres especies de *Turnera* (Turneraceae). *Darwiniana* 30(1-4): 21-26.
- Fernandez, A. & Arbo, M. M. 1996. Relaciones genómicas entre las especies diploides de flores blanco-azuladas de *Turnera* (Serie *Canaligeræ*). *Bonplandia* 9(1-2): 95-102.

- Galen, C. 1989. Measuring pollinator-mediated selection on morphometric floral traits: bumblebees and the alpine sky pilot, *Polemonium viscosum*. *Evolution* 43: 882-890.
- Ganders, F. R. 1979. The biology of heterostyly. *New Zeal. J. Bot.* 17: 607-635.
- Gonzalez, A. M. 1993. Anatomia y vascularizacion floral de *Piriqueta racemosa*, *Turnera hasseleriana* y *Turnera joelii* (Turneraceae). *Bonplandia* 7(1-4): 143-184.
- Gonzalez, A. M. 1996. Nectarios extraflorales en *Turnera*, series Canaligeræ y Leiocarpæ. *Bonplandia* 9(1-2): 129-143.
- Grant, V. 1950. The flower constancy of bees. *The Botanical Review*, 16(8): 379-398.
- Janzen, D. H. 1980. *Ecologia vegetal nos trópicos*. São Paulo. Editora EPU/USP. 79p.
- Juan-Mendaçolli, S. L. 1986. Flora fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil). *Hoehnea* 13: 107-108.
- Moura, C. A. F. 1969. A new *Turnera* from Brazil. *Phyton (Áustria)* Vol. 13(3-4): 267-269.
- Moura, C. A. F. 1973. A new species of *Turnera* from Pará, Brazil. *Acta Bot. Neerl.* 22(2): 159-163.
- Neffa, V. G. S. 1996. Cariotipos de especies de *Turnera* (Turneraceae). *Bonplandia* 9(1-2): 121-127.
- Neffa, V. G. S. & Fernandez, A. 1993. Estudios cromossomicos en especies de *Turnera* (Turneraceae). *Bonplandia* 7(1-4): 101-118.
- Ornduff, R. 1974. Heterostyly in south African flowering plants: a conspectus. *Jls. Afr. Bot.* 40(3): 169-187.
- Proctor, M. & Yeo, P. 1996. *The pollination of flowers*. London, William Collins Sons & Co Ltd Glasgow. 418p.
- Ruz, L. 1991. Classification and Phylogenetic Relationships of the Panurgine Bees; The Calliopsini and Allies (Hymenoptera: Andrenidae). *Univ. Kansas Sci. Bull.* 52(22): 631-667.

- Shore, J. S. & Barrett, S. C. H. 1983. The effect of pollination intensity and incompatible pollen on seed set in *Turnera ulmifolia* (Turneraceae). 1298-1303.
- Shore, J. S. & Barrett, S. C. H. 1985. The genetics of distyly and homostyly in *Turnera ulmifolia* L. (Turneraceae). *Heredity* 55: 167-174.
- Solis Neffa, V.G. & A. Fernandez. 1993. Estudios cromossômicos en especies de *Turnera* (Turneraceae). *Bonplandia* 7(1-4): 101-118.
- Schemske, D. W. 1983. Limits to specialization and coevolution in plant-animal mutualisms. Pages 67-109 in M. H. Nitecki, ed *Coevolution*. University of Chicago Press, Chicago.
- Schindwein, C. 2000. A importância das abelhas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. *Anais do Encontro sobre abelhas em Riberão Preto, São Paulo*: 131-141.
- Simpson, B. B. & Neff, J. L. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 68: 301-322.
- Stebbins, G. L. 1970. Adaptive radiation in angiosperms 1: pollination mechanisms. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1: 307-326.
- Swamy, N. R. & Bahadur, B. 1981. Heterostyly and incompatibility in *Turnera subulata* (Turneraceae). *Incompatibility Newsletter* 13: 20-27.
- Swamy, N. R. & Bahadur, B. 1984. Pollen flow in dimorphic *Turnera subulata* (Turneraceae). *New Phytol.* 98: 205-209.
- Urban, I. 1883. Monographie der familie der Turneraceen. *Jahrb. Königl. Bot. Gat. Berlin* 2: 1-152.
- Voppuluri, S. S. 1969. Some interesting plants from west Bengal. *Indian Forester* 311-313.
- Vuilleumier, B. S. 1967. The origin and evolutionary development of heterostyly in the angiosperms. *Evolution* 21: 210-226.

**MANUSCRITO A SER ENVIADO AO PERIÓDICO FLORA**

**POLINIZAÇÃO DE *TURNERA SUBULATA* SMITH (TURNERACEAE) NO NORDESTE DO BRASIL: DEPENDÊNCIA UNILATERAL DE UMA ABELHA OLIGOLÉTICA.**Petrúcio C. R. Medeiros<sup>1</sup> & Clemens Schlindwein<sup>2</sup>.<sup>1</sup>Mestrado em Biologia Vegetal UFPE, <sup>2</sup>Departamento de Botânica - UFPE (petrucio@openline.com.br)

**Summary:** *Turnera subulata* is a distilic specie, subshrub, and a common ruderal herb of Northeastern Brazil. It presents mellitophylous flowers with light-yellow petals and a dark violet inner base. The pollination study of *T. subulata* was conducted from March 1999 through December 2000, in João Pessoa (Paraíba) and Recife (Pernambuco) Northeastern Brazil. At all the study sites it is in continuous bloom, with anthesis from 06:00 am. to 11:00 am.. The short stile and long stile flowera present differences in 8 characters. Besides the mutual difference in stamen and stile lenght, shortstile flowers present more ovules, less but bigger pollen grains with sculptural differences. The floral nectar volume per flower was 0,8-1,0 µl, the sugar concentration presented a variation of 28 to 32%. The flowers of *T. subulata* are self-incompatible, allowing intermorphous pollination only. The flowers of *T. subulata* were visited by bees, wasps, butterflies and beatles. The effective pollinators were the highly eusocial *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Frieseomelitta doederleinii* (Apidae) and *Protomeliturga turnerae* (Andrenidae, panurginae) was oligolectic in Turneraceae flowers. This specialized specie does not present differences on the floral visitation pattern and on the selection of longistilic and shortstilic pollen on the pollen load, when compared to polilectic bees. The reproductive success of *T. subulata* did not decline during the absence of *Protomeliturga turnerae*, which shows a unidirectional dependence from the bee to the plant.

**Key words:** *Turnera subulata*, Turneraceae, heterostilic, Paraíba, Pernambuco.

**Palavras chaves:** *Turnera subulata*, Turneraceae, heterostilia, Paraíba, Pernambuco.

**Resumo :** *Turnera subulata* é uma espécie distílica, subarborescente, ruderal comum no Nordeste do Brasil. Apresenta flores melitófilas com pétalas amarelo-clara com base interna violácea-escura. O estudo da polinização de *T. subulata* foi realizado no período de março de 1999 a dezembro de 2000, em João Pessoa (Paraíba) e Recife (Pernambuco) Nordeste do Brasil. Nos locais de estudo é uma espécie com floração contínua, e antese de 6:00 às 11:00 horas. Flores brevistilas e longistilas diferem em 8 caracteres. Além da diferença recíproca no comprimento de estiletes e estames, flores brevistilas apresentam mais óvulos, menos e maiores grãos de pólen com diferenças na ornamentação. O volume de néctar floral foi de 0,8-1,0µl por flor, a concentração de açúcares variou de 28 a 32%. As flores de *T. subulata* são autoincompatíveis, somente permitindo polinização intermorfa. As flores de *T. subulata* foram visitadas por abelhas, vespas, borboletas e besouros. Os polinizadores efetivos foram as abelhas altamente eusociais *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Frieseomelitta doederleinii* (Apidae) e *Protomeliturga turnerae* (Andrenidae, Panurginae) abelha oligolética em flores de Turneraceae. Esta espécie especializada não apresenta diferenças no padrão de horário das visitas florais e na seleção de pólen brevistila ou longistila na carga polínica em comparação com as abelhas poliléticas. O sucesso reprodutivo de *T. subulata* não diminuiu durante o período que *P. turnerae* estava ausente, mostrando dependência unilateral da abelha à planta.

## INTRODUÇÃO

Morfológicamente as plantas heterostílicas apresentam dois (distílica) ou três (tristílica) tipos de flores que caracterizam-se pela diferença no comprimento dos estames e estigmas (hercogâmia recíproca) (VUILLEUMIER 1967; GANDERS 1979). As plantas distílicas muitas vezes apresentam também diferenças no tamanho, na ornamentação, no número de grãos de pólen e na morfologia da superfície estigmática. Fisiologicamente, a heterostílica geralmente está associada a dupla incompatibilidade (BARRETT 1992), ou seja, os cruzamentos entre as formas longistílicas e brevistílicas são compatíveis, porém entre indivíduos da mesma forma são geralmente incompatíveis (DOWRICK 1956).

A heterostílica ocorre em 25 famílias de angiospermas (GANDERS 1979; BARRETT 1993; BARRETT & CRUZAN 1994). Nas últimas duas décadas foram realizados muitos estudos sobre o mecanismo genético de auto-incompatibilidade de plantas heterostílicas (BARRETT 1978, 1992; BARRETT & SHORE 1985; CHARLESWORTH 1979; GANDERS 1979). Contudo existem poucas informações sobre sua polinização.

Flores heterostílicas são polinizadas por vários tipos de insetos, principalmente abelhas (GANDERS 1979). Recentemente foi mostrado que as interações entre plantas heterostílicas e abelhas, podem envolver abelhas oligoléticas altamente especializadas para coletar os recursos florais, como *Ancylocelis gigas* onde fêmeas apresentam pêlos na língua extraordinariamente longas para coletar o pólen escondido das flores do nível curto de *Eichornia azurea* (ALVES-DOS-SANTOS & WITTMANN 2000).

*Turnera subulata* é uma planta heterostílica ruderal de porte subarborescente, comum na região Nordeste do Brasil. Apresenta flores acessíveis de corola aberta com plataforma de pouso, composta por pétalas amarelo-clara de base interna violáceo-escura.

A biologia reprodutiva do complexo *Turnera ulmifolia* foi estudada por BARRETT (1978). Nas variedades *elegans*, *intermedia* e *surinamensis*, insetos foram os visitantes florais, principalmente abelhas, nenhuma citadas como oligolética.

Este trabalho tem como objetivo elucidar questões acerca da polinização de *Turnera subulata*, como: 1. Quais as diferenças morfológicas das formas longistilas e brevistilas? 2. Quais os visitantes florais de ambas as formas? 3. Quais seus polinizadores efetivos? 4. Existem polinizadores específicos para as formas longistilas e brevistilas? 5. Existe uma interdependência reprodutiva entre planta e polinizadores?

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Locais de estudo**

Os estudos de campo foram desenvolvidos entre março de 1999 e fevereiro de 2001, numa área experimental da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba (EMEPA) a cerca de 15 km de João Pessoa, Paraíba, e no Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Pernambuco, Nordeste do Brasil.

A EMEPA fica localizada a 7°11'58"S e 34°48'37"W com 30-40 metros de altitude e cerca de 1 km distante da costa. A vegetação local da área de estudo consiste de plantas cultivadas e ruderais cercada por uma vegetação semi-natural de Tabuleiro Nordestino, uma formação vegetal de Cerrado em solo pobre e arenoso sobre a Formação Geológica Barreiras (ANDRADE-LIMA 1960). O campus da UFPE localiza-se a 8°03'04"S e 34°56'89"W com altitude de 22 metros, em área urbana. A vegetação consiste de plantas ornamentais e ruderais. Em ambos os locais o clima é tropical e úmido durante o ano com o máximo de precipitação de maio à agosto. A média de pluviosidade anual fica entre 1600 e 1800 mm e de temperatura entre 24 e 26 °C (FONSECA & AZEVEDO 1983; LIMA & HECKENDORFF 1985).

### **Morfologia floral e antese**

Estruturas da flor como diâmetro floral, comprimento de pétalas, estames, filetes, anteras e estiletos foram medidas em 30 flores brevistilas e 30 longistilas de indivíduos diferentes, com auxílio de um paquímetro. Para

verificar se existe diferença significativa entre o comprimento dos estames e estiletos entre as duas formas florais foi aplicado o teste *t* (ZAR 1996).

Botões florais foram etiquetados e numerados para determinar duração, horário e seqüência de antese e número de flores abertas diariamente por planta.

O horário da receptividade dos estigmas foi avaliada com gotas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (20 %) colocados na superfície estigmática e verificada a produção de bolhas de ar com uma lupa de mão (ZEISLER 1938).

A viabilidade polínica foi verificada através de coloração do citoplasma com carmin acético (RADFORD *et al.* 1974). Para cada tipo floral foram utilizados 15 flores de indivíduos diferentes em fase de pré-antese. Os grãos de pólen foram removidos de anteras, recém-deiscentes, sob estereomicroscópio, espalhados em lâmina de microscopia contendo uma gota do corante e determinado a taxa dos grãos viáveis (corados de vermelho).

A quantidade de pólen por flor para cada forma floral foi determinada com anteras indeiscentes, utilizando-se a câmara de Neubauer (MAÊDA, 1985). Foram utilizados 30 botões em fase de pré-antese, sendo 15 brevistilos e 15 longistilos, coletados de indivíduos diferentes. Os óvulos foram contados de 30 flores brevistilas e 30 longistilas de indivíduos diferentes.

Foram preparadas 10 lâminas de pólen fresco de cada tipo floral. Com ocular micrométrica, o diâmetro equatorial de 30 grãos de pólen por lâmina foi medido. Calculou-se a média e o desvio padrão.

A concentração do néctar foi medida com um refratômetro de bolso Atago (0 a 90 %) em flores previamente ensacadas para evitar a retirada do néctar por visitantes florais. A quantidade do néctar produzido em intervalos de 60 minutos foi medida com micropipetas (5 µl). Para cada horário efetuaram-se 10 repetições.

Espécimes-testemunho, foram depositados no Herbário UPE-Geraldo Mariz do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco (UFP 24742, 24740, 24748).

## **Sistema reprodutivo**

Para verificar o sistema reprodutivo de *T. subulata* nas duas formas florais, foram feitos experimentos de polinização controlada. Os tratamentos incluíram teste de apomixia, autopolinização espontânea e manual, polinização cruzada, intra e interforma e formação de frutos em condições naturais (controle). Para cada teste realizou-se 30 repetições. Para teste de apomixia, as flores foram emasculadas em fase de botão com uma pinça fina. Em todos testes, com exceção dos controles, os botões florais foram previamente encobertas com sacos de voual, os quais foram retirados após o murchamento da corola. Todas as flores tiveram seu desenvolvimento acompanhado até a formação de frutos. O número de frutos e sementes produzidos foi contado.

## **Visitantes florais e avaliação de polinizadores efetivos**

O espectro de visitantes florais de *T. subulata* de ambas as formas foi determinado. Os insetos foram capturados com rede entomológica ou com frascos coletores, e depositados na Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco.

Foi medida a frequência das visitas no decorrer da antese nas flores durante 100 horas. A eficiência dos visitantes florais como polinizadores foi avaliada através das medidas da frequência relativa, frequência de contatos com estigma e da fidelidade às flores medida através da análise da carga polínica de 10 fêmeas por espécie. As medidas foram feitas em janeiro e setembro de 2000, em ambos locais, em 5 dias consecutivos, perfazendo um total de 50 horas em cada mês.

O pólen removido das abelhas, foi misturado e transferido para lâminas com gelatina glicerinada pura e com gelatina glicerinada corada com fucsina. Os preparados foram cobertos com lamínulas e lutados com parafina (WESTRICH 1986; WITTMANN & SCHLINDWEIN 1995). Foram contados 300 grãos por lâmina e calculadas a média e o desvio padrão de

pólen de flores longistilas e brevistilas de *T. subulata*, e de outras espécies de plantas.

A identificação de grãos de pólen de outras espécies foi feita por comparação com lâminas de referência de pólen do grupo de trabalho e através de literatura especializada.

As visitas dos insetos foram documentadas com máquina fotográfica e filmadora para análise do comportamento.

Para determinar o número e tipos de grãos de pólen depositados nos estigmas em períodos diferentes, foram retirados os estigmas de 15 flores longistilas e 15 brevistilas às 7:00, 8:00, 9:00 e 10:00 horas. Cada um desses foi transferido para uma lâmina contendo glicerina corada com fucsina. Em microscópio foram contados todos os grãos de pólen de flores brevistilas, longistilas e de outras espécies de planta depositados na superfície estigmática. A produção de frutos e sementes e a deposição de pólen nos estigmas foi comparada num período de presença de abelhas oligoléticas e sem estas abelhas.

## **RESULTADOS**

### **Morfologia floral e antese**

*Turnera subulata* apresenta flores eretas, levemente infundibuliformes, com corola amarelo-clara com base interna violáceo-escura. O diâmetro floral mede 4,0 à 6,0 cm ( $\bar{x}=5,1$ ; DP=0,7; n=20). As flores brevistilas e longistilas apresentam gineceu com 3 estiletos livres com estigmas plumosos e androceu com 5 anteras de deiscência longitudinal.

As flores são distílicas (Fig. 1) e variam em 8 caracteres (Tab. 1). Existe hercogamia recíproca de estame e estilete (Fig. 2). Não foi verificada diferença significativa em relação às distâncias entre os estames das flores brevistilas e os estiletos das flores longistilas ( $t= 1,41$ ; GL= 38;  $P>0,05$ ), bem como entre estames das flores longistilas e os estiletos das flores brevistilas ( $t= 0,77$ ; GL= 38;  $P>0,05$ ).

O pólen das formas brevistila e longistila possui coloração laranja e é fortemente agregado devido à grande quantidade de pollenkitt de cor laranja. O grão de pólen sem pollenkitt apresenta-se levemente amarelado.

Os grãos de pólen de flores brevistilas são maiores do que os das flores longistilas, apresentam uma ornamentação fortemente reticulada e mais báculos livres nas lúmina do retículo (Tab. 1). Não existe sobreposição na variação do tamanho de pólen das duas formas (Fig. 3).

Testes com carmim acético mostraram que os grãos de pólen de ambas as formas tem alta viabilidade polínica. Os grãos de pólen de flores brevistilas apresentaram em média 92% de grãos viáveis (DP=0,5; n=15), flores longistilas em média 94% (DP=0,6; n=15). Grãos de pólen não viáveis são vazios e menores e não foram considerados nas medidas do tamanho.

Entre cada base de filete e pétala existe um orifício com 0,5mm de diâmetro que permite o acesso aos nectários localizados na base do ovário. A distância entre a abertura e o nectário é menor que 1mm. Em flores brevistilas o volume e a concentração de açúcares do néctar não diferiu daquele de flores longistilas. O néctar é produzido em pequena quantidade (0,8-1,0µl por flor), disponível desde o início da antese (Fig. 4). A média de concentração de açúcares ao longo da antese foi de 28 a 32% apresentando pouca variação (Fig. 5).

*Turnera subulata* floresceu e frutificou durante todo o ano. Em cada indivíduo floresceram 3-15 flores diariamente. As flores abriram e fecharam uma única vez das 6:00 às 11:00 horas sincronicamente. Em dias nublados a antese foi até 40 minutos retardada.

Os frutos levam de 8 a 10 dias para atingir a maturidade. A liberação das sementes dar-se após a abertura das cápsulas nas valvas a partir do ápice.

### **Sistema reprodutivo**

As flores de *T. subulata* são autoincompatíveis (Tab. 2). Os testes de autopolinização, bem como de polinização cruzada envolvendo flores da

mesma forma, não resultaram em formação de frutos. Com visitantes florais permitidos (controles), a formação de frutos em flores longistilas e brevistilas foi semelhante. Contudo, foi encontrada forte diminuição na produção de sementes quando comparado com os testes de polinização cruzada manual.

As flores brevistilas polinizadas pelos visitantes florais produziram em média somente 30% de sementes, as longistilas 36% das sementes dos testes de polinização cruzada manual. Nas flores de controle o número de sementes/frutos foi quase igual em ambas as formas. A razão entre o número de grãos pólen e número de óvulos por flor (P/O) foi de 353,2 nas flores brevistilas e 273,6 nas flores longistilas. Considerando a quantidade média de óvulos, as flores brevistilas produziram nos testes de polinização cruzada 43,8% de sementes do potencial, as flores longistilas 56%.

### **Visitantes florais**

As flores de *Turnera subulata* foram visitadas por insetos de 48 espécies das ordens Hymenoptera, Lepidoptera, Coleoptera (Tab. 3), sendo as abelhas os visitantes predominantes. Foram coletadas 40 espécies de abelhas, sendo a maior diversidade pertencente a família Anthophoridae (50%).

As abelhas mudaram entre flores de diversos indivíduos com freqüência, não distinguindo flores brevistilas e longistilas. Durante o mesmo tempo de observação, o número de visitas foram semelhantes 1534 (52%) em flores longistilas e 1408 (48%) em flores brevistilas.

Na EMEPA as espécies de abelhas mais freqüentes em janeiro nas flores brevistilas e longistilas foram: *Apis mellifera* (31,5% das visitas), *Trigona spinipes* (23,9%), *Frieseomelitta doederleinii* (16,2%) e *Augochloropsis* sp. (11,6%). Em setembro as espécies de abelhas mais freqüentes foram: *Protomelitura turnerae* (27%), *Apis mellifera* (24%), *Trigona spinipes* (17%), *Frieseomelitta doederleinii* (16%) e *Plebeia flavocincta* (9%)(Fig. 6).

Na UFPE não foi registrada uma variação sazonal no espectro e na freqüência dos visitantes florais. As espécies mais freqüentes em janeiro e

setembro foram *Apis mellifera* (33,6% das visitas), *Trigona spinipes* (32%) e *Ceratina maculifrons* (21%)(Fig. 7).

Os horários de maior frequência das visitas florais foram entre 6:30 às 8:00h (Fig. 8).

Em geral, as abelhas de maior tamanho corporal como *Centris* e *Xylocopa* apresentaram frequência relativa de contato com os estigmas maior, porém estas apresentaram frequência de visita baixa. A frequência relativa de contato com estigmas em flores longistilas foi levemente maior do que das flores brevistilas. Com exceção de *Frieseomelitta doederleinii*, todas as espécies restantes tocaram os estigmas freqüentemente (Fig. 9).

A quantidade de pólen depositado nos estigmas de ambas formas foi contado em intervalos de 1 hora, desde a abertura até o fechamento das flores. Em ambos locais de estudo as flores longistilas receberam maior quantidade de pólen (60% ), do que flores brevistilas (40%). Na EMEPA, flores longistilas receberam 55,2% de pólen legítimo, enquanto flores brevistilas receberam 44,5%, na UFPE 53,6% e 43,4% respectivamente. Nos estigmas de ambas as formas foi encontrada uma maior quantidade de grãos de pólen de flores brevistilas do que grãos de flores longistilas, com uma diferença de 10,7% a mais de grãos de flores brevistilas na EMEPA e 10% na UFPE. A deposição de grãos de pólen de outras espécies nos estigmas de flores brevistilas e longistilas de *T. subulata* foi baixa, 4% na EMEPA e 1% na UFPE. Já uma hora depois do início da antese foi encontrado 55,1% do total de grãos de pólen depositados nos estigmas de flores brevistilas e 93% nos estigmas de flores longistilas (Figs. 10 e 11).

Na EMEPA foram depositados em média 5,2 grãos de flores longistilas para fecundar 1 óvulo em flores brevistilas e 6 grãos de flores brevistilas para fecundar 1 óvulo em flores longistilas. Na UFPE essa proporção foi menor, 3,9 e 4,9 grãos respectivamente.

A análise da carga polínica de fêmeas das 6 espécies de abelhas mais freqüentes mostrou que *Protomeliturga turnerae* e *Plebeia flavocincta* coletaram pólen exclusivamente de *T. subulata* (Fig. 12). Fêmeas de *Augochloropsis* sp. apresentaram cargas polínicas mistas. Além de *T.*

*subulata* contiveram predominantemente grãos de pólen de *Borreria verticillata* (Rubiaceae). As abelhas de todas as 6 espécies apresentaram maior quantidade de pólen de flores brevistilas do que longistila na escopa. Na carga polínica de *Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Frieseomelitta doederleinii* foi encontrada pequena quantidade (1-2%) de grãos de pólen de outras espécies vegetais (Fig. 12).

O comportamento de visita de abelhas *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp., *Frieseomelitta doederleinii* e *Trigona spinipes*, em flores de *T. subulata* foi semelhante. Ao visitarem flores brevistilas de *T. subulata* essas abelhas pousaram sobre as anteras, raspavam-nas com as pernas anteriores ficando a cabeça voltada para o interior da flor tocando os estigmas. Os grãos de pólen aderiram principalmente na região ventral do tórax e abdômen. Nas flores longistilas, essas abelhas pousaram sobre os estigmas contactando-os com a parte ventral do tórax e abdômen. Em seguida penetraram na flor com a cabeça voltada para baixo, onde coletaram pólen com as pernas anteriores, ou néctar. Os grãos de pólen aderiram principalmente na cabeça e porção anterior do tórax. Fêmeas de *Protomelitura turnerae* coletaram pólen de flores longistilas com pêlos rígidos do labro (Fig. 13).

Coleópteros de três espécies foram registrados nas flores de *T. subulata* *Pristimerus calcaratum* (Curculionidae), uma espécie de Meloidae e uma de Chrysomelidae. Eles foram encontrados em um lote próximo do local de estudo, e apresentaram comportamento semelhante em suas visitas. Eles visitaram às flores a partir das 8:00h e alimentaram-se de néctar e comeram estigmas e pólen, e utilizaram as flores como local de acasalamento.

Logo depois da chegada nas flores, os besouros perfuraram as pétalas com a probóscide e fecharam as flores ativamente com suas garras. Os indivíduos de *Pristimerus calcaratus* e de Chrysomelidae, ocasionalmente fecharam as pétalas de uma segunda flor de *T. subulata*.

Não foi observado comportamento agressivo inter e/ou intra-específico dos besouros ou destes com as abelhas.

## Sucesso reprodutivo nas áreas de estudo

A análise do sucesso reprodutivo de *T. subulata* na EMEPA não mostrou diferença significativa no número de sementes entre flores brevistilas (X=19,5; DP=16,6; n=30) e longistilas (X=19,9; DP=9,1; n=30). Na UFPE a produção de sementes foi 25% menor do que na EMEPA (flores brevistilas) (X=14,9; DP=8,5; n=30) e flores longistilas (X=14,7; DP=7,3; n=30). Em ambos os locais, não foi verificada diferença no número de sementes produzidas entre flores brevistilas e longistilas.

## DISCUSSÃO

*Turnera subulata* apresenta floração contínua ao longo do ano, segundo a classificação de NEWSTRON *et al.* (1994) e assemelha-se ao tipo “cornucópia” (sensu GENTRY, 1974), com muitas flores abertas por dia durante longo período. Espécies que possuem este padrão de floração atraem um grande espectro de visitantes florais.

O volume de néctar produzido por *T. subulata* é pequeno, que induz aos visitantes florais visitar um maior número de flores, aumentando assim as chances de polinização cruzada. (FAEGRI & VAN DER PIJL 1979).

Plantas brevistilas e longistilas ocorrem na população estudada na mesma proporção (1:1), o que é comum para plantas distilicas (BARRETT & RICHARDS 1990). Em alguns trabalhos esta relação muda. Em *Psychotria barbiflora* (MONTEIRO *et al.* 1991) e *Vismia guianensis* (SANTOS & MACHADO 1998) houve predominância da forma brevistila. Em *Palicourea petiolaris* (SOBREVILA *et al.* 1983), *Hypericum aegypticum* (ORNDUFF 1979) e *Anchusa officinalis* (BARRETT & RICHARDS 1990) houve predominância da forma longistila.

Geralmente existe um complexo de características florais que diferem nas plantas heterostilicas (DARWIN 1877). Em *T. subulata* encontramos 8 caracteres que variam entre as formas florais (Tab.1).

O pólen das formas brevistilicas e longistilicas de *T. subulata* diferem no tamanho e na ornamentação. Essa distinção morfológica polínica

é freqüentemente encontrada em espécies heterostílicas (DARWIN 1877; GANDERS 1979; RICHARDS 1997). Estudando *T. hilaiana* var. *oblongifolia* Urban, MELHEM *et al.* (1971) observaram uma grande variação no tamanho dos grãos de pólen em cada uma das formas heterostílicas analisadas. DARWIN (1877) atribuiu que o maior tamanho dos grãos de pólen da forma brevistila estaria relacionado com a necessidade de um maior armazenamento de reservas energéticas para o crescimento do tubo polínico dentro do estilete longo das flores longistilas. Entretanto, RICHARDS (1997) cita que provavelmente não seja esta a função do maior tamanho do pólen, pois geralmente o tubo polínico é alimentado dentro do estilete.

As flores longistilas de *T. subulata* produziram mais grãos de pólen que flores brevistilas, entretanto, foi depositado mais pólen de flores brevistilas em estigmas de ambas formas florais. A hercogamia recíproca em *T. subulata*, desta forma, não favorece a transferência de pólen legítimo.

Flores longistilas produzem mais sementes do que flores brevistilas, provavelmente por receber mais pólen legítimo devido aos estiletos dessas flores serem mais longos o que favorece maior contato dos polinizadores com a superfície estigmática (GANDERS 1979; RICHARDS 1997; DULBERGER 1992).

No nosso experimento as flores longistilas produziram um maior número de sementes na polinização cruzada do que flores brevistilas. Contudo, as flores polinizadas por abelhas produziram o mesmo número de sementes em ambas as formas. LOCK (1904) em flores controle, encontrou uma maior produção de sementes em flores longistilas, entretanto, em tratamentos realizados em casa de vegetação na polinização manual obteve maior produção de sementes em flores brevistila.

Flores longistilas por possuir estigmas expostos são favorecidas na deposição dos grãos de pólen, enquanto nas flores brevistilas isso é dificultado. Uma maior produção de grãos de pólen de flores longistilas, provavelmente teria a função de compensar o fluxo de pólen diferente dos dois níveis. Em flores brevistilas há maior facilidade na coleta dos grãos pelos visitantes à altura e exposição das anteras, já nas flores longistilas, há

maior facilidade de deposição de pólen no estigma devido à altura e exposição do estilete.

De acordo com classificação da razão pólen/óvulo (CRUDEN 1977) *Turnera subulata* que é uma planta obrigatoriamente xenogâmica obrigatória, enquadra-se no padrão de autogamia facultativa pela sua baixa razão pólen/óvulo (353/273), entretanto a classificação de CRUDEN (1977) baseia-se em pólen e óvulo da mesma planta. Em plantas heterostílicas, a polinização intermorfa não é legítima, pois não resulta na fecundação de óvulos. Por este motivo em plantas heterostílicas a razão P/O deveria ser determinada somente entre níveis compatíveis. Deste modo, a razão P/O corrigida fica em 256 para flores longistilas e 376,5 para flores brevistilas. Uma maior razão P/O é veiculado com a maior dificuldade de deposição de pólen nos estigmas. Em outras espécies onde a diferença na quantidade de grãos de pólen é maior como em *Primula* (PIPER & CHARLESWORTH 1986), a diferença na razão P/O entre flores brevistilas e longistilas também é maior.

Em relação a polinização manual a produção de sementes com a presença das abelhas foi inferior, o que indica uma limitação de polinizadores, mesmo que a deposição de pólen legítimo nos estigmas tenha sido 5-6 vezes maior que o número de óvulos.

O grande número de visitantes das flores de *T. subulata* deve estar associado à floração ao longo do ano, ao fácil acesso dos recursos florais que permite a utilização por abelhas de vários tamanhos, de língua curta ou longa. Portanto, não são necessárias adaptações morfológicas ou comportamentais dos visitantes para coletar os recursos florais de *T. subulata*. Esta planta ruderal muito comum no Nordeste do Brasil, tem um papel muito importante como fonte de recursos para manutenção de muitas espécies de abelhas solitárias e sociais em agroecossistemas e ecossistemas urbanos.

Entre os visitantes de *T. subulata* somente *Protomeliturga turnerae* é oligolética. Os outros visitantes florais freqüentes foram principalmente abelhas altamente eusociais como *Apis mellifera*, *Trigona spinipes*, *Frieseomelitta doederleinii* e *Plebeia flavocincta*. Estas são poliléticas

visitando também flores de outras espécies de planta. De acordo com a frequência de visitas e o comportamento, as abelhas eusociais e *Protomeliturga turnerae* foram consideradas efetivos na polinização de *T. subulata*. Fêmeas de *Augochloropsis* apresentaram uma estratégia de coleta oportunista, coletando pólen em flores de diversas espécies durante o voo de coleta. Os outros visitantes: espécies *Centris*, *Xylocopa*, e borboletas, que apesar da alta percentagem de contatos com estigmas, foram visitantes raros ou esporádicos, pouco contribuindo com a polinização de *T. subulata*.

Geralmente, abelhas especializadas apresentam adaptações comportamentais ou morfológicas que fornecem vantagens competitiva frente as abelhas generalistas (SCHLINDWEIN & WITTMANN 1997a, 1997b; ALVES-DOS-SANTOS & WITTMANN 2000). Devido a eficiência da retirada dos recursos florais estas plantas tornam-se não ou pouco atrativas para abelhas poliléticas na presença destas abelhas especializadas (SCHLINDWEIN & WITTMANN 1997a). Em alguns casos foi mostrado que existe uma interdependência reprodutiva entre abelhas especializadas e a planta (ALVES-DOS-SANTOS & WITTMANN 2000). Dependência reprodutiva do lado da planta caracteriza a interação entre machos de Euglossini (Apidae) e orquídeas com osmóforos (DRESSLER 1982; ROUBIK & ARCKERMAN 1987).

Este estudo mostra que *Protomeliturga turnerae* é um polinizador efetivo de flores de *T. subulata*. Contudo, comparando a frequência relativa, o padrão de visita, o contato dos estigmas e a composição da carga polínica com os das abelhas eusociais (*Apis mellifera*, *Trigona spinipes* e *Frieseomelitta doederleinii*) não encontramos evidências que indicam uma vantagem competitiva de *P. turnerae* nas flores de *T. subulata*. Esta abelha oligolética necessita da presença de *T. subulata* para garantir seu sucesso reprodutivo. Por outro lado, o sucesso reprodutivo da planta não é comprometido na ausência de *Protomeliturga*, evidenciando assim uma dependência unilateral da abelha.

**REFERÊNCIAS**

- ALVES DOS SANTOS, I. & WITTMANN, D. (2000): Legitimate pollination of the tristylous flowers of *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) by *Ancyloscelis gigas* bees (Anthophoridae, Apoidea). *Plant Syst. Evol.* 223: 127-137.
- ANDRADE-LIMA D. (1960): Estudos fitogeográficos de Pernambuco. Arquivo do Instituto de Pesquisa Agronômica. Vol(5). Secretaria da Agricultura, indústria e Comércio, Pernambuco, Brasil, 305-341.
- BARRETT, S. C. H. 1978. Heterostyly in a tropical weed: the reproductive biology of the *Turnera ulmifolia* complex (Turneraceae). *Canadian J. Bot.* 56(15): 1713-1725.
- BARRETT, S. C. H. 1992. Evolution and function of heterostyly. Monographs on theoretical and applied genetics. Springer-Verlag. 279 p.
- BARRETT, S. C. H. & SHORE, J. S. 1985. Dimorphic incompatibility in *Turnera hermannioides* Camb. (Turneraceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 72: 259-263.
- BARRETT, S. C. H. & RICHARDS, J.H. (1990): Heterostyly in Tropical Plants. *Memoires of the New York Botanical Garden* 55: 35-61.
- CHARLESWORTH, D. 1979. The evolution and breakdown of tristily. *Evolution* 33: 486-498.
- CRUDEN, R. W. (1977): Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31: 32-46.
- DARWIN, C. 1877. The different forms of flowers on plants of the same species. John Murray. London.
- DOWRICK, V. P. J. 1956. Heterostyly and homostyly in *Primula obconica*. *Heredity* 10: 219-236.
- DRESSLER, R. L. (1982): Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 13: 373-394.
- DULBERGER, R. (1992): Floral polymorphisms and their functional significance in the heterostylous syndrome. In: S. C. H. Barrett (ed.) *Evolution and function of heterostyly*. Pp. 41-84. Monographs on Theoretical and Applied Genetics. Springer-Verlag, Berlin. 279 p.

- FAEGRI K., VAN DER PIJL L. (1979): The Principles of Pollination Ecology. Pergamon Press, London, 3 edition, 244 pp.
- FONSECA, A. & AZEVEDO, L. M. P. (1983): Climatologia. In: Projeto Radam Brasil. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 30. Ministério das Minas e Energia. 812-839 pp.
- GANDERS, F. R. 1979. The biology of heterostyly. New Zeal. J. Bot. 17: 607-635.
- GENTRY, A. H. (1974): Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. Biotropica **6**: 64-68.
- LIMA P.L., HECKENDORFF, W. D. (1985): Climatologia. In: Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa. Ed. Grafset, 99 pp.
- LOCK, R. H. (1904): Ecological notes on *Turnera ulmifolia* L. var. *elegans* Urban. Ann. R. Bot. Gard. Perad 2: 107-119.
- MAËDA, J. M. 1985. Manual para uso da camara de Neubauer par contagem de pólen em espécies florais. Local: UFRJ, 4p.
- MELHEM, T. S.; MOURA, C. A. F. & LIEU, J. (1971): Pollen grains of plants of the "Cerrado"- Styracaceae and Turneraceae. Hoehnea 1: 153-178.
- MONTEIRO, R.; NAKAJIMA, J. N.; RIBEIRO, J. L. S. & TOLEDO, J. C. (1991): Morfologia e distribuição espacial de formas heterostílicas de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). Naturalia 16: 137-146.
- NEWSTROM , L. E., FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. (1994): A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical rain forest trees at la selva, Costa Rica. Biotropica **26**: 141-159.
- ORNDUFF, R. (1979): The genetic of heterostyly in *Hipericum aegypticum*. Heredity 42: 271-272.
- PIPER, J. G.; CHARLESWORTH, B. & CHARLESWORTH, D. (1986): Breeding system evolution in *Primula vulgaris* and the role of reproductive assurance. Heredity 56: 207-217.
- RADFORD, A.E.; DICKINSON, W.C.; MASSEY, J.R. & BELL, C.R. (1974): Vascular plant systematics. New York, Harper & Row Publishers.
- RICHARDS, A. J. (1997): Plant Breeding Systems. Chapman & Hall Ed., 2<sup>th</sup> ed.

- ROUBIK, D. W. & ARCKERMAN, J. D. (1987): Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia* (Berlin) 73: 321-333.
- SANTOS, M. J. L. & MACHADO, I. C. (1998): Biologia floral e heterostilia em *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Clusiaceae). *Acta bot. bras.* 12(3): 451-464.
- SCHLINDWEIN, C. & WITTMANN, D. (1997a): Stamen movements in flowers of *Opuntia* (Cactaceae) favour oligolectic bee pollinators. *Plant Syst. Evol.* 204: 179-193.
- SCHLINDWEIN, C. & WITTMANN, D. (1997b): Micro foraging routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and bee induced pollen presentation in *Cajophora arechavaletae* (Loasaceae). *Botanica Acta* 110: 177-183.
- SOBREVILA, C.; RAMIREZ, N. & ENRECH, N. X. (1983): Reproductive biology of *Palicourea fendleri* and *Palicourea petiolaris* (Rubiaceae), heterostyly shrubs of a Tropical Cloud Forest in Venezuela. *Biotropica* 15: 161-169.
- VUILLEUMIER, B. S. 1967. The origin and evolutionary development of heterostyly in the angiosperms. *Evolution* 21: 210-226.
- ZAR, J. H. 1996. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall, New Jersey.
- ZEISLER, M. (1938): Über die Abgrenzung der eigentlichen Narberfläche mit Hilfe von Reaktionen. *Beih. Bot. Zbl.* **58**: 308-318.
- WESTRICH, P. & SCHMIDT, K. (1986): Methoden und Anwendungsgebiete der Pollenanalyse bei Wildbienen (Hymenoptera, Apoidea). – *Linzer Biol. Beitr.*, 18: 341-360.
- WITTMANN, D. & SCHLINDWEIN, C. (1995): Melittophilous plants, their pollen and flower visiting bees in Southern Brazil. 1. Loasaceae. *Biociências* 3: 19-34.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** - Caracteres diferenciais entre flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata*.

**Tabela 2** - Resultados dos experimentos para verificação do sistema reprodutivo em *Turnera subulata*.

**Tabela 3** - Visitantes das flores de *Turnera subulata* e localidades onde foram capturados. **Alagoas:** MC= Maceió. **Pernambuco:** TO= Toritama; CR= Caruaru; PA= Paulista; GO= Goiana; TN= Taquaritinga do Norte; RC= Recife; CM= Camaragibe. **Paraíba:** JP= João Pessoa; MM= Mamanguape; CB= Cabedelo; BO= Boqueirão; QM= Queimadas; TX= Teixeira. **Rio Grande do Norte:** CA= Canguaretama; SJ= São João do Cariri; TS= Tibau do Sul.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1. A.** Flor brevistila; . **B.** Flor longistila de *Turnera subulata*

**Figura 2.** Relação comprimento estilete-estames em flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata* (n= 30 em cada forma floral).

**Figura 3.** Classes de tamanho dos grãos de pólen de flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata* (n= 300).

**Figura 4.** Médias e desvio padrão do volume de néctar em flores de *Turnera subulata*. Medida realizada de flores ensacadas (n= 10 por horário).

**Figura 5.** Médias e desvio padrão da concentração do néctar em flores de *Turnera subulata*. Medida realizada de flores ensacadas (n= 10 por horário).

**Figura 6.** Freqüência de visitas de abelhas em flores de *Turnera subulata* em janeiro e setembro de 2000 na EMEPA – João Pessoa (50 horas de observação).

**Figura 7.** Freqüência de visitas de abelhas em flores de *Turnera subulata* em janeiro e setembro de 2000 na UFPE – Recife (50 horas de observação).

**Figura 8.** Freqüência de visitas das seis espécies de abelhas mais freqüentes às flores de *Turnera subulata* em setembro na EMEPA, João Pessoa, durante 5 dias consecutivos.

**Figura 9.** Freqüência relativa de contato de visitantes florais com os estigmas durante a visita de flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata*.

**Figura 10.** Média do número de grãos depositados nos estigmas de flores brevistilas (**A**) e longistilas (**B**) de *Turnera subulata*, UFPE – Recife.

**Figura 11.** Média do número de grãos depositados nos estigmas de flores brevistilas (**A**) e longistilas (**B**) de *Turnera subulata*, EMEPA – João Pessoa.

**Figura 12.** Percentagem de grãos de pólen de flores brevistilas, longistilas e de outras espécies na carga polínica das espécies de abelhas mais freqüentes em flores de *Turnera subulata* (n=10 abelhas por espécie).

**Figura 13.** Pêlos rígidos do labro de *Protomeliturga turnerae* (f), onde ficam aderidos os grãos de pólen durante a coleta.

**Tabela 1** - Caracteres diferenciais entre flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata*.

	FLORES BREVISTILAS				FLORES LONGISTILAS			
	X	DP	Varição	n	X	DP	Varição	n
Comprimento dos estiletos (mm)	4,5	0,5	4-5	30	8,6	1,3	7-10	30
Comprimento dos estigmas (mm)	2,6	0,5	2-3	30	3,4	0,8	2-4	30
Comprimento das anteras (mm)	3,6	0,5	3-4	30	2,5	0,5	2-3	30
Comprimento dos filetes (mm)	9,1	0,9	8-10	30	5	0,9	4-6	30
Nº de óvulos	38,5	9,2	16-53	30	53	10,8	38-74	30
Nº de grãos de pólen por antera	2720	54,3	2500-2800	15	2900	52	2750-3000	15
Diâmetro equatorial do pólen ( $\mu\text{m}$ )	76,8	2,38	72,3-82,3	300	64,1	1,92	60,9-67,9	300
Ornamentação dos grãos de pólen	Retículo forte com 1-2 báculas livres nas lúmina				Retículo fraco com 3-6 báculas livres nas lúmina			

**Tabela 2** - Resultados dos experimentos para verificação do sistema reprodutivo em *Turnera subulata*.

Tratamentos		Flores (n)	Frutos (n)	Sucesso (%)	Total de sementes (n)	Sementes por fruto X (DP)
<b>Apomixia</b>	B	30	0	0	-	-
	L	30	0	0	-	-
<b>Autopolinização espontânea</b>	B	30	0	0	-	-
	L	30	0	0	-	-
<b>Autopolinização manual</b>	B	30	0	0	-	-
	L	30	0	0	-	-
<b>Geitonogamia</b>	B	30	0	0	-	-
	L	32	0	0	-	-
<b>Polinização cruzada</b>	L* x L**	30	0	0	-	-
	B* x B**	32	0	0	-	-
	B* x L**	33	29	88%	915	27,7 (14,75)
	L* x B**	32	31	97%	713	23 (10,35)
<b>Controle</b>	B	30	26	87%	389	19,5 (9,4)
	L	30	29	97%	397	19,9 (11,2)

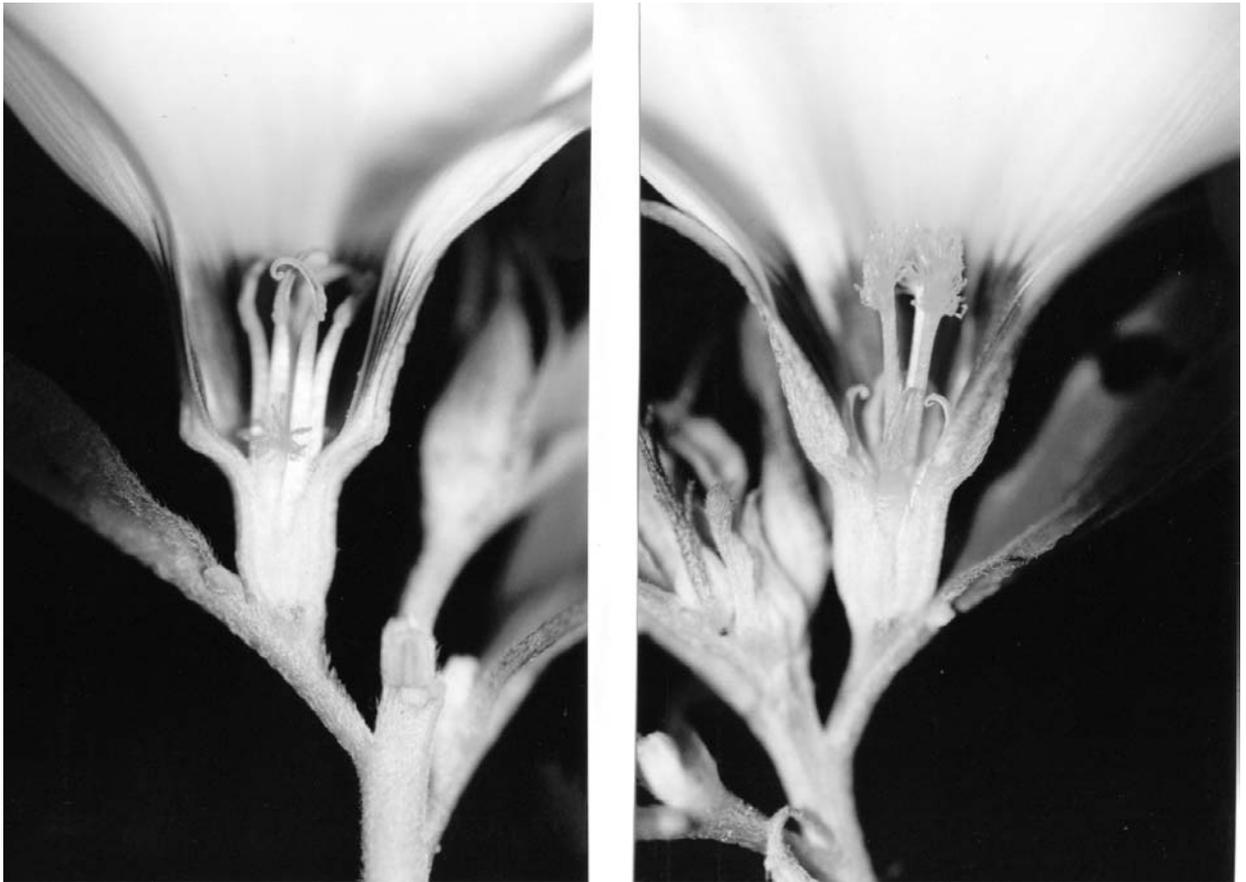
\* Receptor de pólen. \*\* Doador de pólen. B = Flores brevistilas L = Flores longistilas

**Tabela 3** - Visitantes das flores de *Turnera subulata* e localidades onde foram capturados. **Alagoas:** MC= Maceió. **Pernambuco:** TO= Toritama; CR= Caruaru; PA= Paulista; GO= Goiana; TN= Taquaritinga do Norte; RC= Recife; CM= Camaragibe. **Paraíba:** JP= João Pessoa; MM= Mamanguape; CB= Cabedelo; BO= Boqueirão; QM= Queimadas; TX= Teixeira. **Rio Grande do Norte:** CA= Canguaretama; SJ= São João do Cariri; TS= Tibau do Sul.

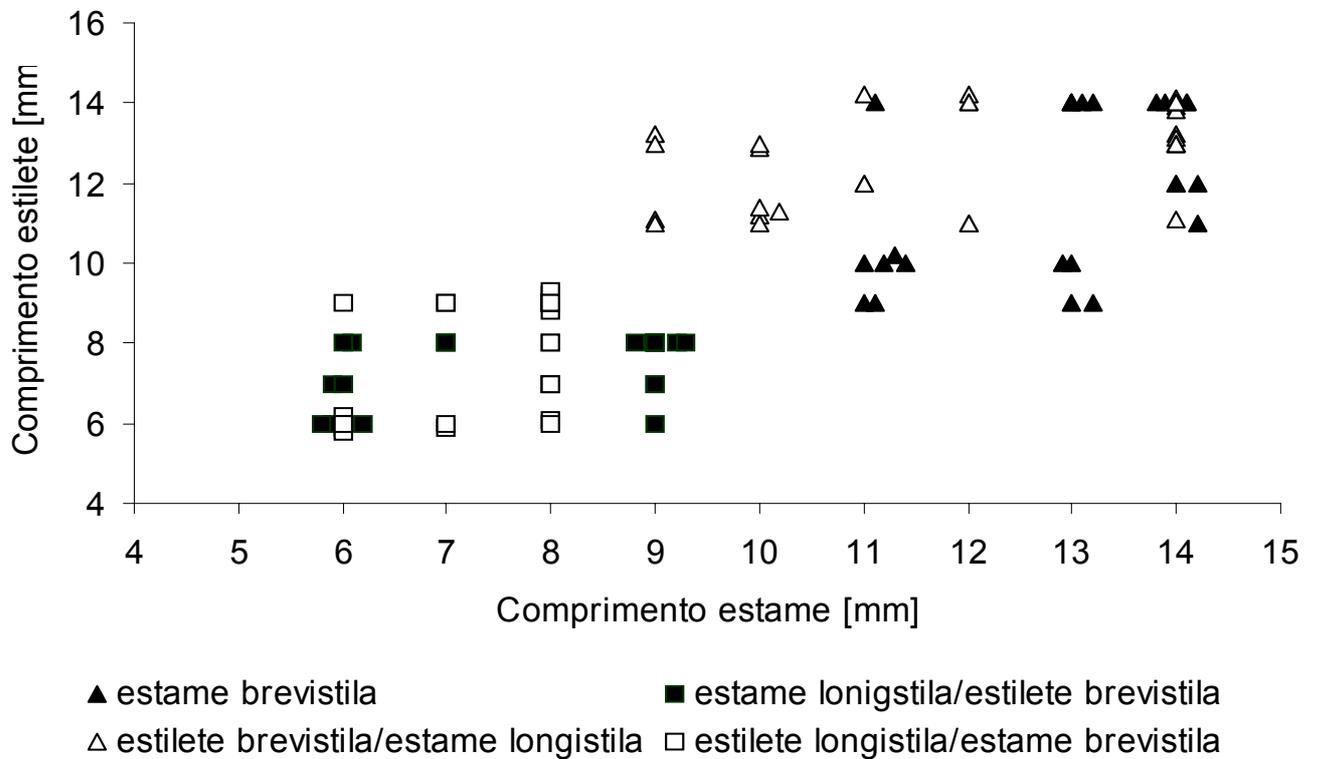
<i>Insetos visitantes</i>	<i>Localidades</i>
<b>HYMENOPTERA</b>	
<b>Andrenidae</b>	
<i>Acamptopoeum prinii</i> (Holmberg, 1884)	CR; TO
<i>Protomeliturga turnerae</i> (Ducke, 1907)	CR; GO; PA; TN; TS; MM; CB; BO; QM; JP; SJ; MC
<i>Psaenythia variabilis</i> Ducke, 1910	TO; CR; JP
<b>Apidae</b>	
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	MC; TO; CR; PA; GO; TN; RC; CM; JP; MM; CB; BO; QM; CA; SJ; TS; TX
<i>Bombus (Fervidobombus) brevivillus</i> Franklin, 1913	CR
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier, 1841	JP
<i>Frieseomelitta doederleinii</i> (Friese, 1900)	JP
<i>Melipona asilvae</i> (Moure, 1971)	CR
<i>Plebeia flavocincta</i> (Cockerell, 1912)	JP; CR; TX
<i>Plebeia</i> sp. 1	CR
<i>Tetragonisca angustula fiebrigi</i> (Schwarz, 1938)	CM
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	JP; CR; CM
<i>Trigona</i> sp.	CR
<b>Anthophoridae</b>	
<i>Centris (Centris) aenea</i> (Lepeletier, 1841)	JP; CR
<i>Centris (Centris) flavifrons</i> (Fabricius, 1775)	JP
<i>Centris (Centris) leprieuri</i> (Spinola, 1841)	JP
<i>Centris (Centris) spilopoda</i> Moure, 1969	CR
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874	JP; MM
<i>Centris (Heterocentris) sp.</i>	CR
<i>Centris (Paracentris) hyptidis</i> Ducke, 1908.	CR
<i>Centris (Xanthemisia) lutea</i> Friese, 1899	JP
<i>Ceratina (Crewella) maculifrons</i> Smith, 1844	TO; JP; RC
<i>Ceratina aff. richardsonia</i> (Schrottky, 1909)	CR
<i>Ceratina</i> sp.	CR
<i>Diadasina riparia</i> (Ducke, 1907)	CR
<i>Epicharis (Xanthepicharis) bicolor</i> (Smith, 1854)	JP
<i>Exomalopsis</i> sp. 1	CR
<i>Exomalopsis</i> sp. 2	CR
<i>Xylocopa (Megaxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	JP
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) cearensis</i> Ducke, 1910	JP
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) ordinaria</i> Smith, 1874	CR
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	JP
<i>Xylocopa (Schoenherria) muscaria</i> (Fabricius, 1775)	JP; CR
<b>Halictidae</b>	
<i>Agapostemon semimellus</i> Cockerell, 1900	CR
<i>Augochloropsis</i> sp. 1	JP
<i>Augochloropsis</i> sp. 2	CR
<i>Augochlorella</i> sp.	MM; JP; CR; CR
<i>Pereirapsis</i> sp.	JP
<i>Pseudoaugochloropsis</i> sp.	JP

CONTINUA

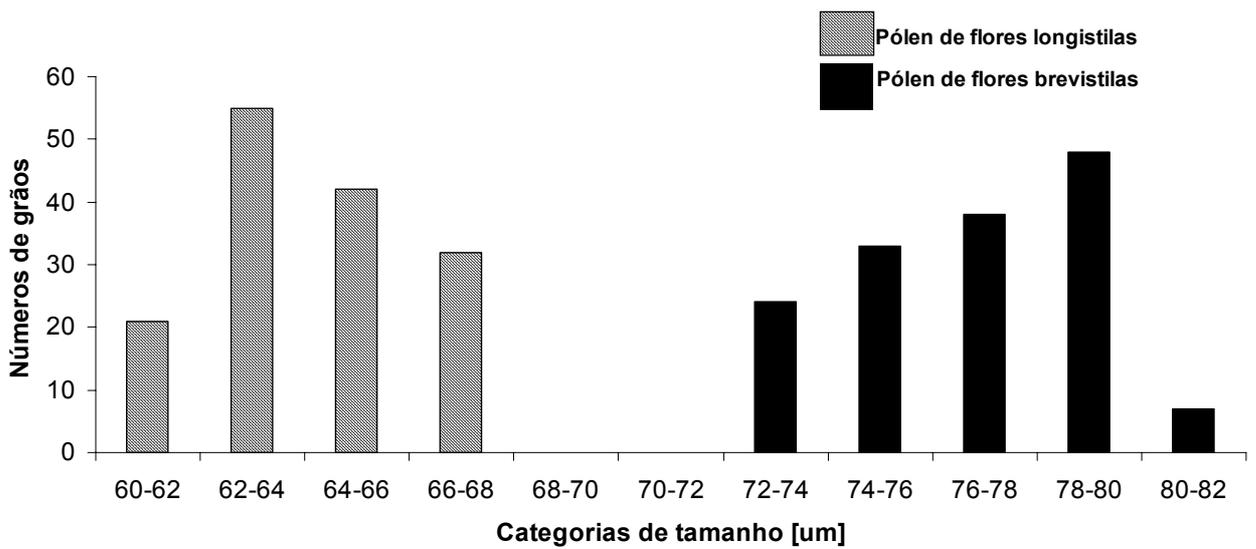
Insetos visitantes	Localidades
<b>Megachilidae</b>	
<i>Dicrantidium arenarium</i> (Ducke, 1907)	CB; CR
<b>VESPIDAE</b>	
sp. 1	JP
<b>LEPIDOPTERA</b>	
<i>Agraulis vanillae maculosa</i> Stichel, 1907	CR
<i>Phoelis</i> sp.	JP; CR
<b>Hesperiidae</b>	
<i>Nisoniades macarius</i> (Herrich-Schäffer, 1870)	JP
<i>Urbanus dorantes dorantes</i> (Stoll, 1790)	RC; JP; CR
<i>Urbanus proteus proteus</i> (Linnaeus, 1758)	RC; CR



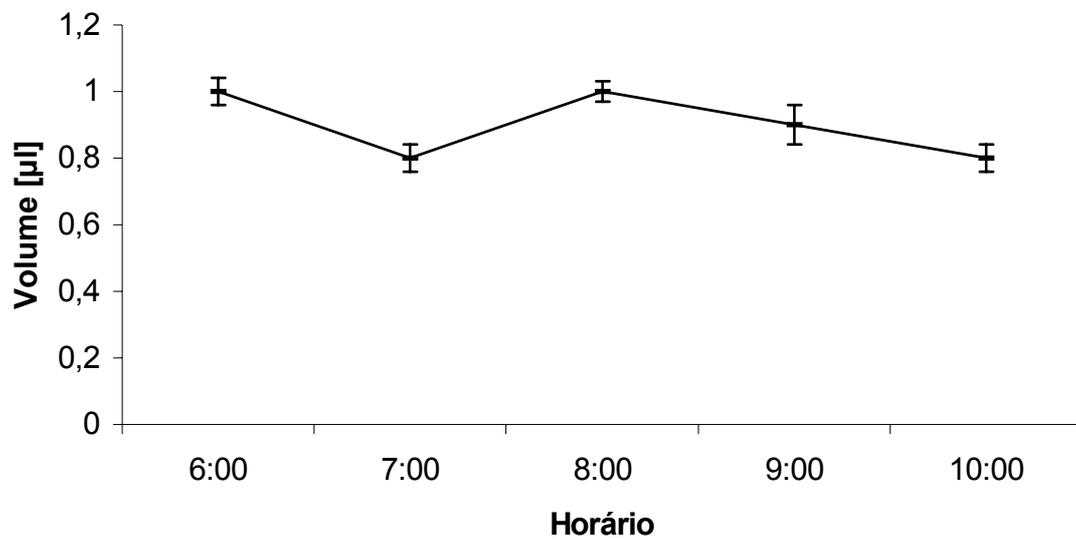
**FIGURA 1.** **A.** Flor brevístila; **B.** Flor longístila de *Turnera subulata* (pétalas retiradas)



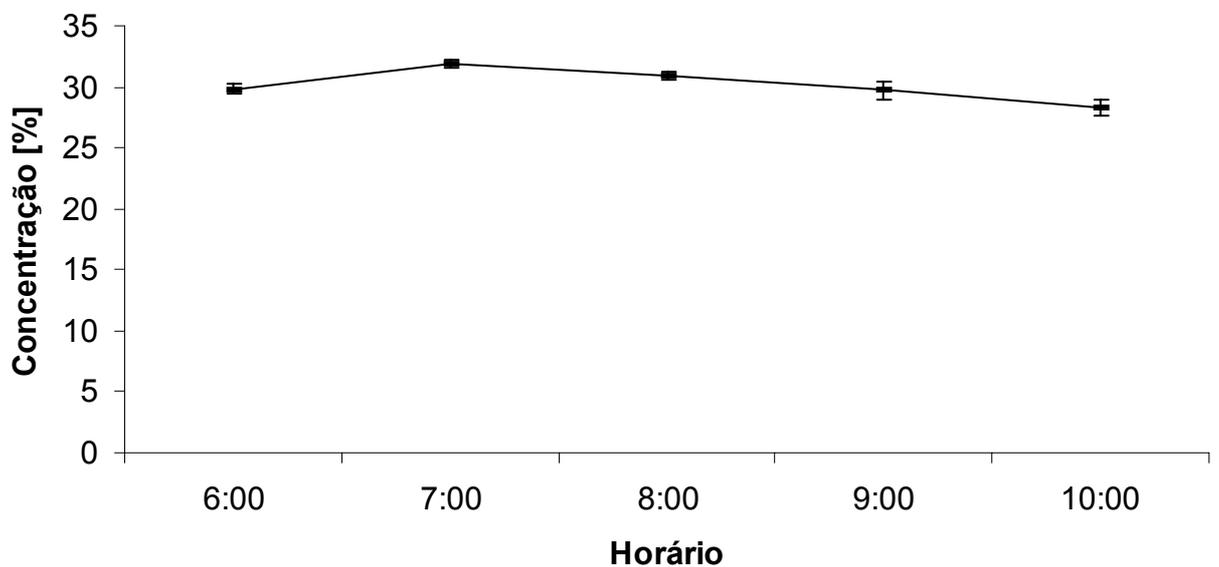
**Figura 2.** Relação comprimento estilete-estames em flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata* (n= 30 em cada forma floral).



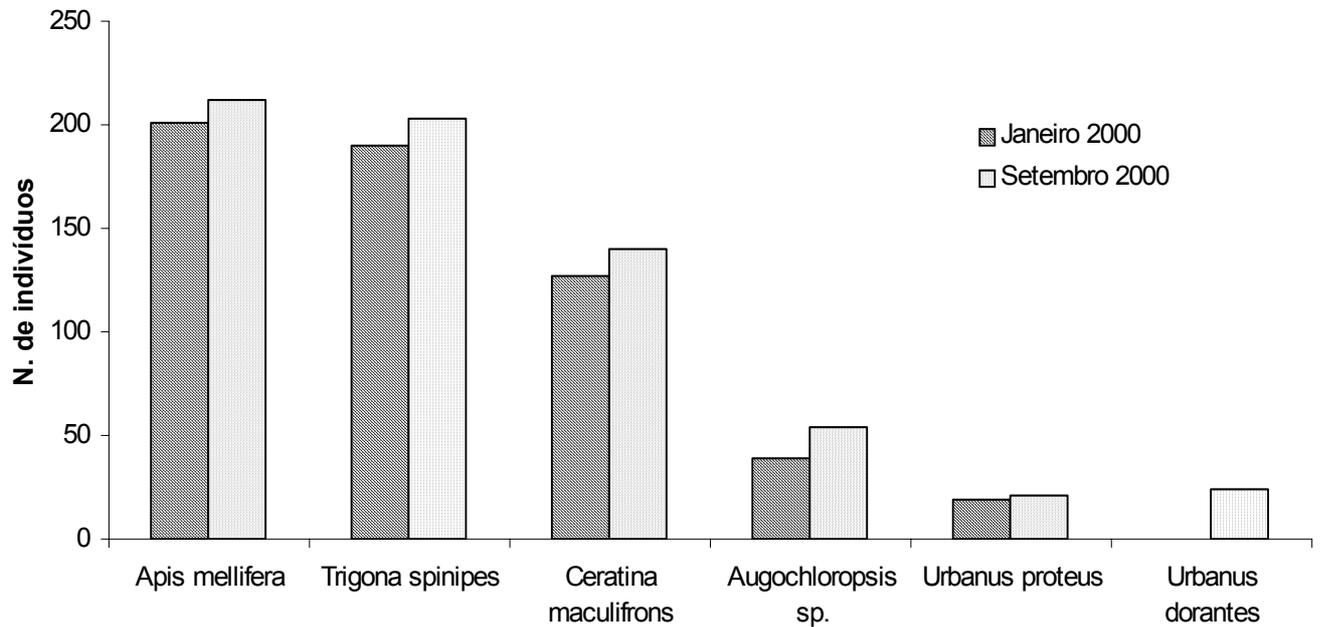
**Figura 3.** Classes de tamanho dos grãos de pólen de flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata* (n= 300).



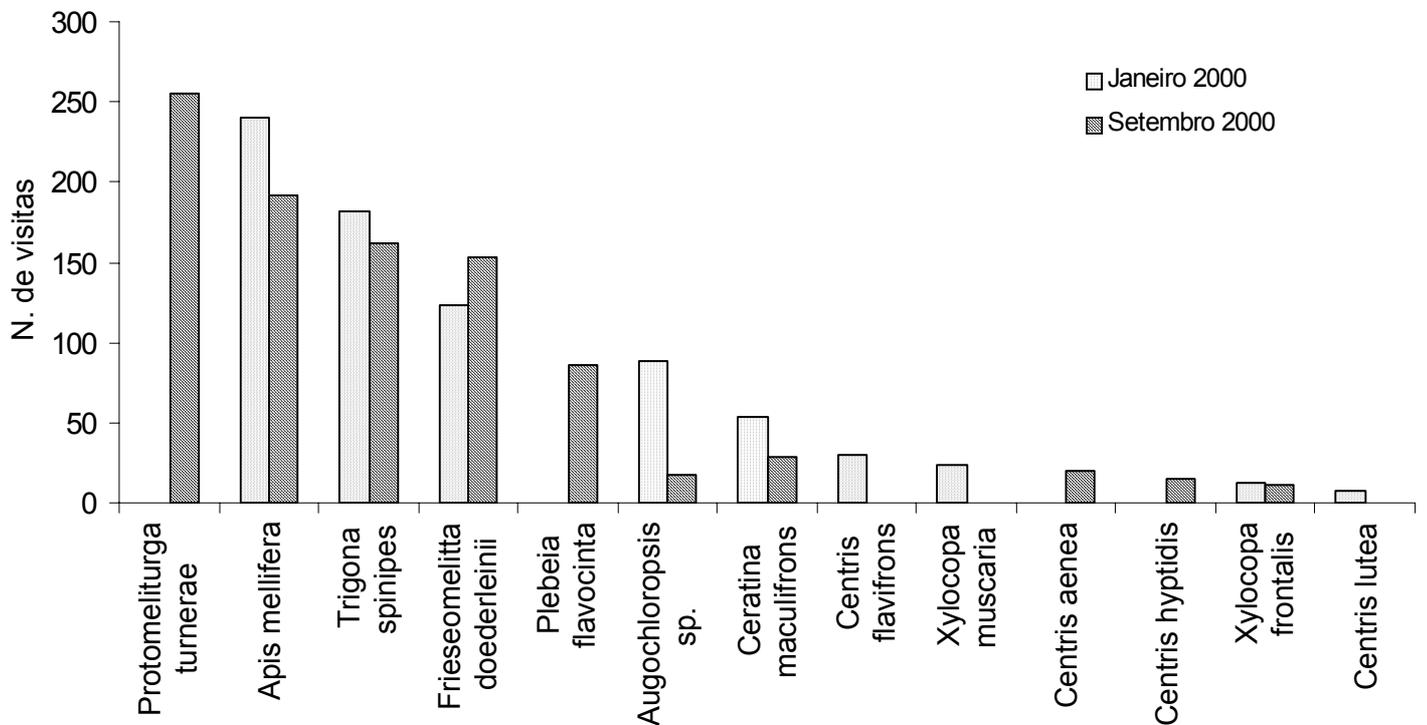
**Figura 4.** Médias e desvio padrão do volume de néctar em flores de *Turnera subulata*. Medida realizada de flores ensacadas (n= 10 por horário).



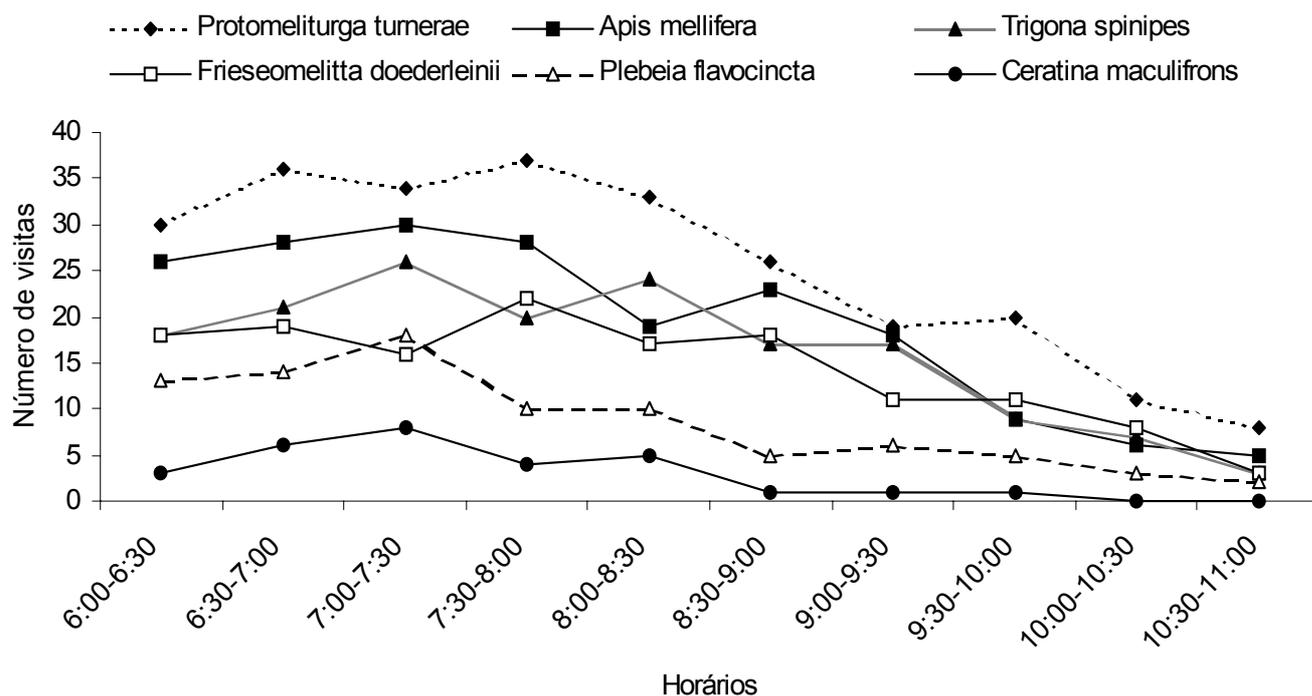
**Figura 5.** Médias e desvio padrão da concentração do néctar em flores de *Turnera subulata*. Medida realizada de flores ensacadas (n= 10 por horário).



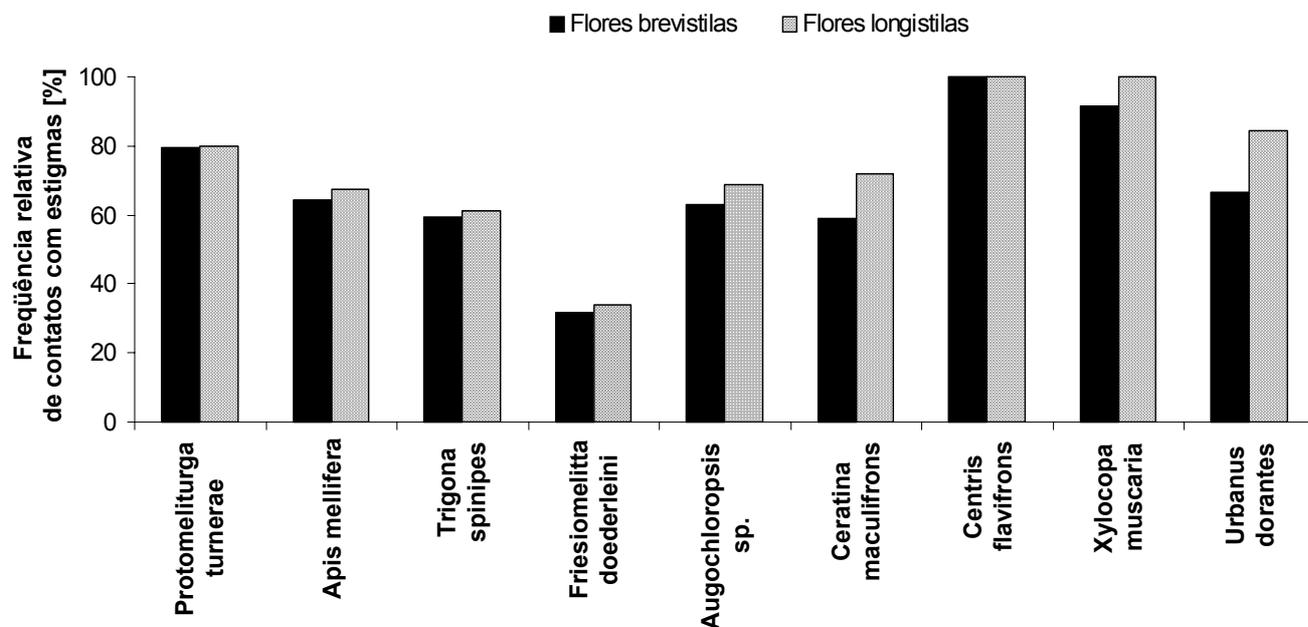
**Figura 6.** Frequência de visitas de abelhas em flores de *Turnera subulata* em janeiro e setembro de 2000 na EMEPA – João Pessoa (50 horas de observação).



**Figura 7.** Frequência de visitas de abelhas em flores de *Turnera subulata* em janeiro e setembro de 2000 na UFPE – Recife (50 horas de observação).

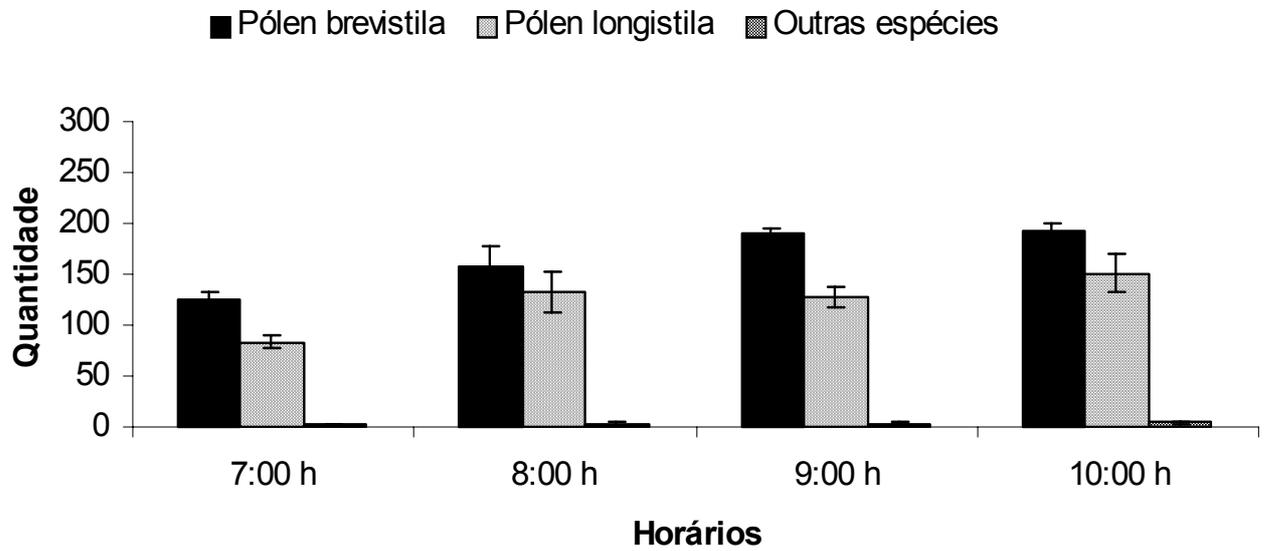


**Figura 8.** Frequência de visitas das seis espécies de abelhas mais frequentes às flores de *Turnera subulata* em setembro na EMEPA, João Pessoa, durante 5 dias consecutivos.

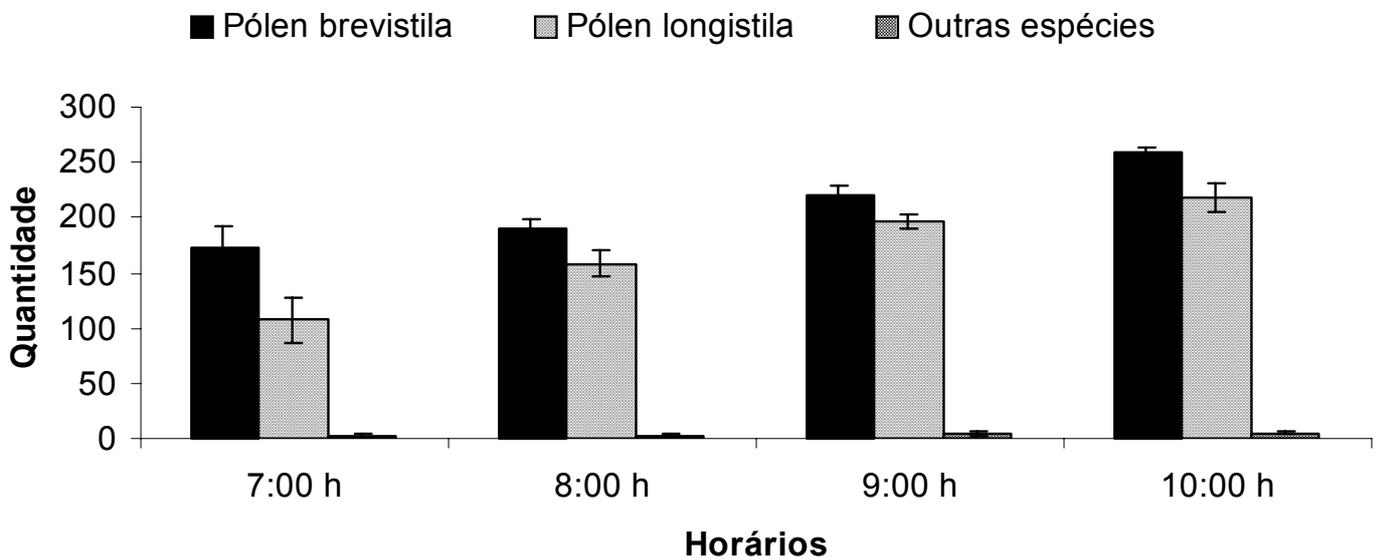


**Figura 9.** Frequência relativa de contato de visitantes florais com os estigmas durante a visita de flores brevistilas e longistilas de *Turnera subulata*.

A

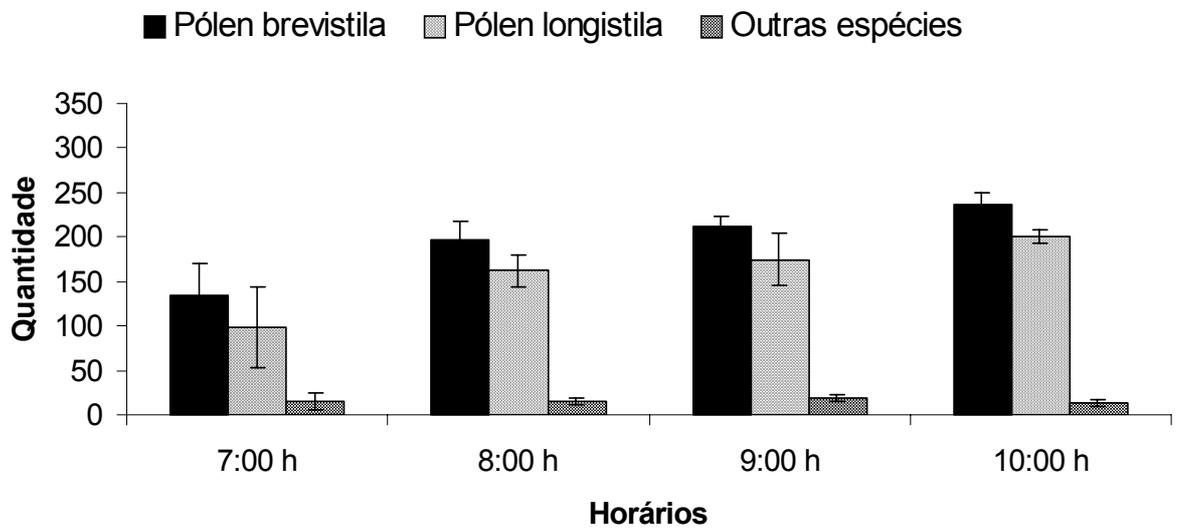


B

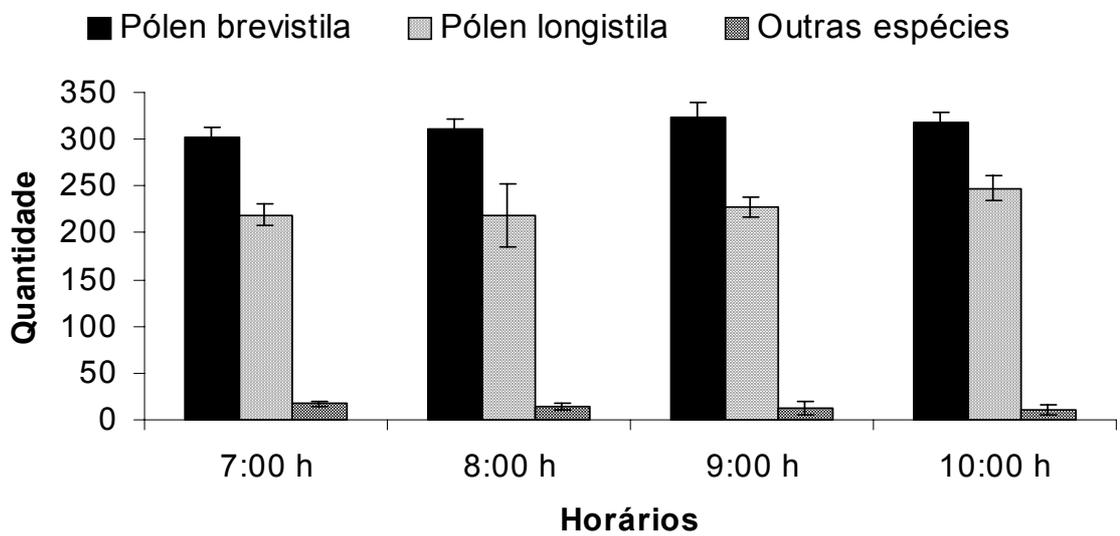


**Figura 10.** Média do número de grãos depositados nos estigmas de flores brevistilas (A) e longistilas (B) de *Turnera subulata*, UFPE – Recife.

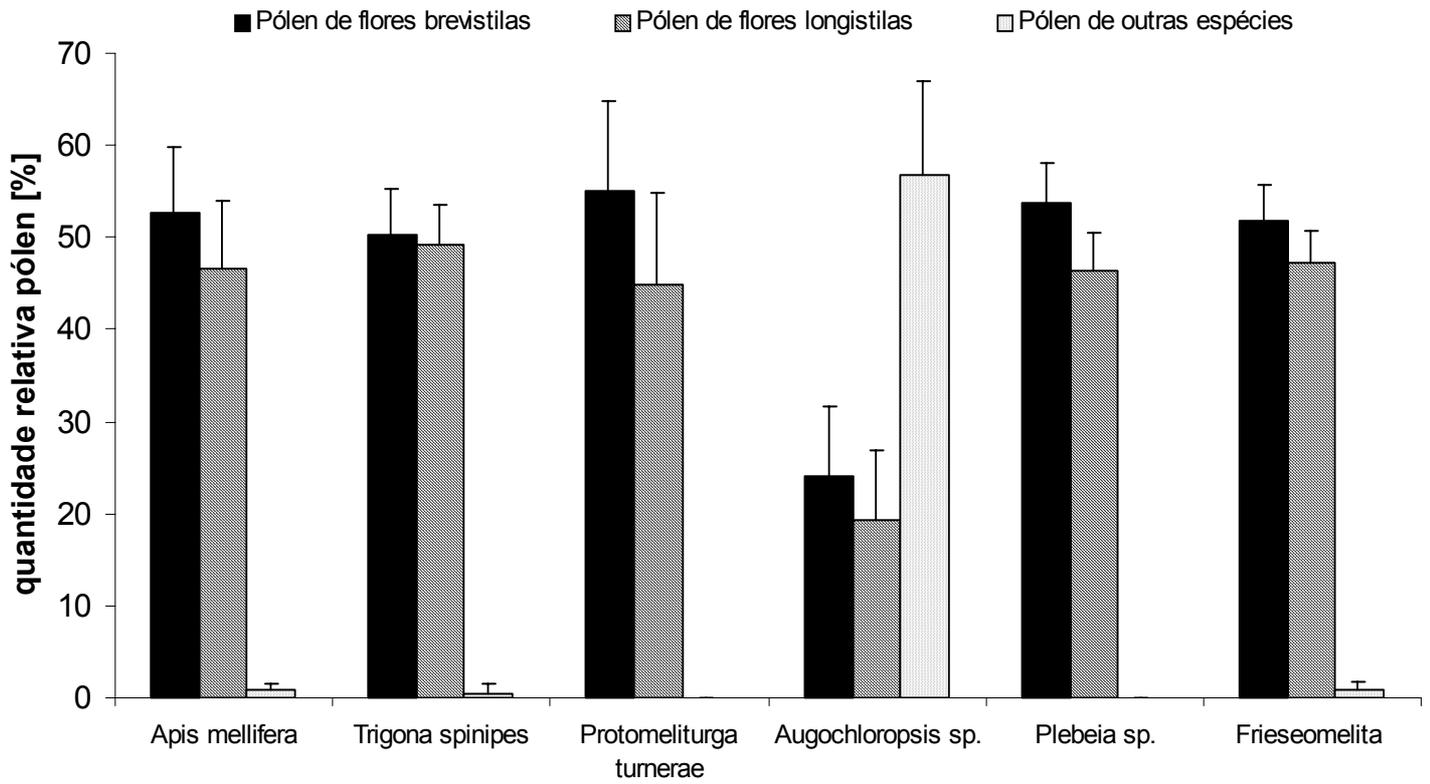
A



B



**Figura 11.** Média do número de grãos depositados nos estigmas de flores brevistilas (A) e longistilas (B) de *Turnera subulata*, EMEPA – João Pessoa.



**Figura 12.** Percentagem de grãos de pólen de flores brevistilas, longistilas e de outras espécies na carga polínica das espécies de abelhas mais frequentes em flores de *Turnera subulata* (n=10 abelhas por espécie).



**Figura 13.** Pêlos rígidos do labro de *Protomeliturga turnerae* (f), onde ficam aderidos os grãos de pólen durante a coleta.

**ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA BRASILEIRA DE ENTOMOLOGIA**

47(4): 483-661

2003

**Território de machos, acasalamento, distribuição e relação com plantas em  
*Protomeliturga turnerae* (Hymenoptera, Andrenidae)**

Petrúcio C. R. de Medeiros<sup>1</sup>

Clemens Schlindwein<sup>1</sup>

**Abstract**

Male territories, mating, distribution and relation to plants in *Protomeliturga turnerae* (Hymenoptera, Andrenidae). *Protomeliturga turnerae* represents the monotypic tribe Protomeliturgini (Andrenidae, Panurginae). The specie is oligolectic on flowers of *Turnera* (Turneraceae). A survey of bees in flowers of Turneraceae and of material in entomological collections showed that *P. turnerae* is common in and endemic to Northeastern Brazil, occurring from the State of Maranhão in the North to Alagoas in the South. On a site in João Pessoa, Paraíba, we studied the reproductive biology and mating behavior of *P. turnerae* and its relations to plants. At the study site, the species is univoltine with males emerging 5-8 days before the females. Soon after emergence the males established territories on flowers of *Turnera subulata* which they occupied during several days. Parts of each territory overlaped with those of 1 to 3 other males. On average, a territory comprised 124 flowers, 59 being shared with other males. Males showed two mating strategies: patrolling flowers of *T. subulata* in which females collected pollen and waiting in a specific flower inside the territory for arriving females. *P. turnerae* showed multiple mating. On average a male mated 7 times a day, each copula lasting 3 to 25 sec. We observed 2 to 3 males attempting to copulate with the same female. At the end of anthesis of *T. subulata* the males stopped flying activity and remained inside flowers until their closure.

**Key words-** Male territories, mating behavior, Panurginae, *Protomeliturga turnerae*, Turneraceae

<sup>1</sup>Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901, Recife-PE, Brasil. E-mail: petruciomedeiros@ig.com.br

## **Introdução**

Na América do Sul espécies da subfamília Panurginae (Andrenidae), ocorrem principalmente nos Andes e nas regiões temperada e subtropical, sendo pouco numerosas na região neotropical (ROZEN 1967; MICHENER 1979; RUZ 1991).

Na revisão de Panurginae, RUZ (1991) estabeleceu a tribo Protomeliturgini contendo *P. turnerae* como único representante. Esta abelha possui peças bucais semelhantes às abelhas de língua longa, apresentando palpos labiais com os 2 artículos basais achatados e os 2 distais rudimentares formando um ângulo reto com os basais. Inicialmente, DUCKE (1907) descreveu esta espécie, encontrada nos estados do Maranhão e Ceará, como *Calliopsis turnerae*. Um ano depois transferiu a espécie para o gênero *Acamptopoeum* (DUCKE 1908) e em 1912 (DUCKE 1912) criou o gênero *Protomeliturga*.

Informações sobre a bionomia e o comportamento reprodutivo de Panurginae da América do Sul são raras, enfatizando a descrição dos estágios imaturos e a arquitetura dos ninhos (ROZEN 1967, 1970, 1989; RUZ & ROZEN 1993). Em abelhas solitárias podem ser encontradas diversas estratégias de acasalamento (ALCOCK 1983; THORNHILL & ALCOCK 1984; ROUBIK 1989): a) machos patrulham flores visitadas pelas fêmeas ou estabelecem territórios nestas plantas (comum em abelhas oligoléticas); b) nos locais dos ninhos, esperando a emergência de fêmeas; c) demarcam territórios fora das áreas dos recursos florais ou ninhos, atraindo as fêmeas com feromônios (EICKWORT & GINSBERG 1980; ROUBIK 1989).

Neste trabalho estudamos o comportamento reprodutivo de *Protomeliturga turnerae*, e fornecemos informações sobre sua distribuição, sazonalidade e relação com plantas.

## **Material e métodos**

### **Local de estudo**

O estudo foi realizado de março de 1999 à fevereiro 2001 em áreas experimentais da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba (EMEPA), localizada à 15 km de João Pessoa, Paraíba, Brasil. O local de estudo fica a 7<sup>0</sup>11'58"S e 34<sup>0</sup>48'37"W com 30-40 metros de altitude e cerca de 1 km distante da costa. O clima é tropical e úmido durante o ano, com um máximo de precipitação de maio a agosto. A média de pluviosidade anual é 1740 mm e de temperatura 25,6<sup>0</sup>C (LIMA & HECKENDORFF 1985). A vegetação local da área de estudo consiste de plantas ruderais e vegetação semi-natural de Tabuleiro Nordestino (formação vegetal em solo pobre e arenoso sobre a Formação Geológica Barreiras) (ANDRADE LIMA 1960).

Além disso, foram realizadas viagens de coleta a várias regiões de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte para conhecer a distribuição de *Protomeliturga turnerae*. Estas informações foram completadas por um levantamento em coleções entomológicas das Universidades Federais de Pernambuco e da Paraíba.

### **Sazonalidade e atividade de vôos diários**

No local de estudo foram feitas coletas de abelhas em flores de *Turnera subulata* ao longo do ano para determinar a sazonalidade de *P. turnera*. Dados complementares foram obtidos de espécimes de coleções entomológicas. Para conhecer o padrão de atividade diária foi medida a frequência dos machos e fêmeas nas flores durante 50 horas.

### **Flores visitadas**

Foram realizadas coletas de visitantes florais também em flores de outras famílias de planta para verificar o espectro de plantas relacionadas a *P. turnerae*. A fidelidade das abelhas

às flores de *Turnera subulata* foi avaliada através da análise da carga de pólen de 10 fêmeas. Cada indivíduo foi armazenado em frasco separado para evitar contaminação com pólen de outras abelhas. O pólen foi transferido para lâminas com gelatina glicerinada corada com fucsina e selada com parafina. Foram contados 300 grãos de pólen por carga polínica e calculada a média e o desvio padrão de flores longistilas e brevistilas de *T. subulata*.

### **Estratégia reprodutiva em *P. turnerae***

Machos presentes em um lote de 8 x 7 m, foram capturados, marcados individualmente no mesosoma com tinta permanente, soltos no local de captura e acompanhados até o seu desaparecimento. O limite de cada território dos machos foi marcado com fio de lã de cores diferentes para verificar uma eventual mudança de território ao longo do tempo. Em cada território foram contadas as flores abertas durante 5 dias consecutivos e o número de flores em áreas de sobreposição de territórios. Para contagem de cópulas por dia, os machos marcados foram acompanhados dentro do território em dias diferentes. O comportamento das abelhas foi documentado e analisado através de filmagens, que posteriormente foram analisadas em velocidade reduzida. Espécimes-testemunho encontram-se depositados na coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco.

## **RESULTADOS**

### **Distribuição**

*Protomeliturga turnerae* ocorre nos estados de Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe (Fig. 1).

Espécimes representativos examinados (números da Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia Vegetal da UFPE em parêntese; f=fêmea, m=macho): **BRASIL**, **ALAGOAS**: Maceió, Barra de São Miguel, 7.8.1992, C. Schlindwein (9012)(f); Piranhas, Bairro Xingó, 21.4.2002, C. Schlindwein (8780) (m); Olho D'Água do Casado, 3.7.2002, D.

Moura (8757) (f), mesmo local e coletor 27.8.2002 (8592) (m) e 8618 (f); **PARAÍBA**: Barra de São Miguel, BR 104, 7.5.1999, P. Medeiros (4045)(m); Boqueirão, BR 104, 17.2.2000, P. Medeiros (3286)(m); Cabedelo, Intermares, 16.2.2001, P. Medeiros (3295)(m); João Pessoa, Costa do Sol, 18.8.1999, P. Medeiros (3199)(f); Queimadas, BR 104, 7.5.1999, P. Medeiros (3234)(m); Mamanguape, Res. Biol. Guaribas, 13.1.2000, P. Medeiros (2041)(f); São João do Cariri, 1.6.94, C.M.L. Aguiar (UFPB)(f). **PERNAMBUCO**: Caruaru, Brejo dos Cavalos, 7.8.1999, P. Medeiros (3301)(m); Goiana, BR 101, 7.5.2000, P. Medeiros (4075)(m); Paulista, BR 101, 7.5.1999, P. Medeiros (5337)(m); Taquaritinga do Norte, BR 104, 7.5.1999, P. Medeiros (5338)(f). **RIO GRANDE DO NORTE**: Canguaretama, BR 101, 7.5.1999, P. Medeiros (5340)(m); Tibau do Sul, Praia da Pipa, 16.7.2000, P. Medeiros (3248)(m), Serra Negra do Norte, Estação Ecológica do Seridó, 5.6.2002, C. Schlindwein (7933) (m), mesmo local e coletor 6.6.2002 (8488)(f); **SERGIPE**: Canindé do São Francisco, 30.8.2002, D. Moura (8040) (f), mesmos dados 8908 (f), 8776 (m), 8962 (m).

Espécimes citados por Ducke (1912) sem especificação do material coletado (não examinadas): **BRASIL, CEARÁ**: Baturité, Quixadá, Humaitá, Miguel-Calmon, Caridade; **MARANHÃO**: São Luis, Codó.

O material tipo designado por MOURE & MICHENER em 1955 (OBRECHT & HUBER 1993) foi depositado por Ducke no Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) (lectótipo e lectoalótipo), Belém, no Zoologisches Museum der Humboldt-Universität (ZMHU), Berlim/Alemanha e no Natural History Museum de Bern (NMBE) na Suíça (OBRECHT & HUBER 1993).

#### **Sazonalidade e atividade diária de vôo**

No local de estudo foram registrados machos e fêmeas de *Protomeliturga turnerae* de fevereiro à agosto de 1999 e de março a outubro de 2000, que corresponde com o período chuvoso (Fig. 2). Em ambos os anos os machos foram registrados de 5-8 dias antes das

fêmeas. Em outros locais de Pernambuco e Paraíba, indivíduos de *P. turnerae* foram capturados em janeiro de 1999 e fevereiro de 2000.

A atividade diária de vôo de machos e fêmeas de *P. turnerae* foi de 6:00-11:00 h, quando flores de *Turnera subulata* estiveram abertas (Fig. 3). A maior atividade dos machos foi entre 7:00 e 8:00 h, coincidindo com o horário de maior frequência das fêmeas.

### **Flores visitadas**

Fêmeas e machos de *P. turnerae* foram registradas quase exclusivamente em flores de Turneraceae. Dos espécimes de abelhas registradas 94% visitaram flores de *T. subulata*, que apresenta ampla distribuição como planta ruderal no Nordeste do Brasil. Além disso, foram encontradas esporadicamente em flores de *Piriqueta duartiana* (Turneraceae) e *Gaya gaudichaudiana* (Malvaceae).

As flores de *T. subulata* são distílicas. Os grãos de pólen das formas longistilas e brevistilas de *T. subulata* apresentam diferenças no tamanho e na ornamentação. A análise da carga polínica retirada das escopas de 10 fêmeas coletadas na área de estudo mostrou que essas visitaram exclusivamente flores de *T. subulata*. A percentagem média de pólen de flores brevistilas encontrados nas escopas dessas abelhas foi de 55,1% (DP=9,8; n=10) e das flores longistilas 44,9% (DP=9,8; n=10). Machos e fêmeas visitaram indiscriminadamente flores brevistilas e longistilas.

O tempo médio de coleta de pólen das fêmeas numa flor foi de 11,4 seg (DP=4,3; n=20). Na visita de flores brevistilas as fêmeas pousaram sobre as anteras, coletaram pólen com as pernas anteriores, ficando a cabeça voltada para o interior da flor. Inicialmente, os grãos de pólen ficaram aderidos na região ventral do meso e metasoma. Depois de algumas visitas as fêmeas transferiram o pólen para a escopa. Nas flores longistilas pousaram sobre os estigmas contactando-os com a parte ventral do corpo. Em seguida penetraram a flor e coletaram pólen das anteras com as pernas anteriores. Além disso, coletaram pólen com o

labro que apresenta pêlos rígidos voltados para baixo. Depois das visitas às flores, grãos de pólen ficaram aderidos principalmente no vértice da cabeça e no pronoto.

### **Comportamento reprodutivo dos machos**

A marcação individual de machos mostrou, que estes demarcam e mantêm territórios. O tamanho médio dos territórios foi de 3 m<sup>2</sup>. O número médio de flores de *T. subulata* por território foi de 124 (DP=15,7; n=15) (Tab. 1).

Os territórios dos machos se sobrepõem (Fig. 3). Em média 63 flores de um território pertenceram exclusivamente a um macho e 59 flores foram compartilhadas com competidores (Tab. 2). Parte de cada território foi compartilhada diariamente com um segundo, terceiro ou quarto macho (Tab. 3). Os indivíduos marcados ocuparam o mesmo território até 14 dias.

Esperando numa flor a visita de uma fêmea, os machos assumiram uma posição de defesa com as pernas anteriores levantadas e as mandíbulas abertas. Algumas vezes afugentaram o macho invasor voando em sua direção.

Os machos iniciaram a atividade de vôo poucos minutos antes do início da antese de *Turnera subulata* e pousaram em uma flor ainda fechada. As 6:00 h, no início da antese conseguiram espaço suficiente para penetrar entre as pétalas semi-abertas para obtenção de néctar. Posteriormente, durante os vôos de patrulha, os machos voltaram para esta flor repetidamente permanecendo por períodos prolongados. Denominamos esta flor como “flor de base”. Após a primeira tomada de néctar os machos realizaram vôos de curta duração aumentando-os progressivamente até a delimitação do território cerca de 1 hora depois da abertura da flor. Geralmente, retornaram à “flor de base” ou, raramente, a outra flor próxima a esta.

Os vôos de patrulha iniciaram por volta das 7:00h. Após terem deixado a “flor de base” os machos inspecionaram, em vôo rápido, cerca de 60 flores em cada vôo de patrulha sem visitá-las. O tempo médio desses vôos foi de 79 seg (DP=33; n=25). Esporadicamente,

pousaram por até 8 segundos nas pétalas de uma flor sem tocar estames ou estigmas e sem coletar néctar. A cada 50-65 flores inspecionadas, pousaram em uma flor contactando estames e estigmas e sugaram néctar. Na maioria dos vôos de patrulha mostraram a seguinte seqüência: repouso na flor de base, patrulha, coleta de néctar, patrulha, repouso na flor de base. Uma ou duas vezes por dia os machos deixaram seus territórios para visitar flores de *T. subulata* próximas do território, retornando alguns segundos depois reiniciando a patrulha. Durante os vôos de patrulha, não foram observados machos pousados em ramos ou folhas.

### **Acasalamento**

Foram observadas duas estratégias dos machos de *P. turnerae* para encontrarem fêmeas: 1) a procura ativa de fêmeas nos vôos de patrulha no território, onde se lança sobre a fêmea que coleta pólen e 2) a espera, geralmente na flor de base, à chegada de uma fêmea.

Machos e fêmeas copularam diversas vezes durante um dia. Não foi observada rejeição de machos por fêmeas que já haviam copulado anteriormente. Os machos copularam em média 7 vezes por dia (DP=1,8; n=15)(Fig. 6). O número de cópulas por dia não foi correlacionado com a quantidade de flores presentes no território do macho (Tab. 1). Cada cópula durou 3-25 seg (DP=6,3; n=71). Foram observadas tentativas de cópulas de 2 a 3 machos agarrando uma mesma fêmea nas áreas de sobreposição dos territórios. O horário de maior freqüência de cópulas (7:00-7:30, 38% das cópulas) coincidiu com o pico de atividade de coleta das fêmeas (Tab. 4, Figs. 4 e 5).

Durante a cópula, o macho segurou a fêmea pelos flancos do mesosoma com as pernas anteriores e os flancos do metasoma com as pernas médias. Desta maneira, imobilizou a fêmea prendendo suas asas com as pernas anteriores. Em seguida, o macho deslizou seu corpo para trás, curvou seu metasoma para encaixar as genitálias e realizou rápidos bombeamentos abdominais (Fig. 7). Em alguns casos um outro macho enfiou-se entre o casal em posição de cópula. Às vezes o conjunto de abelhas rolou sobre as pétalas, caiu da flor e separou-se no ar.

Um macho marcado, após pousar em uma flor de *T. subulata*, esfregou suas pernas médias e posteriores nos lados dos tergos metasomais. Em seguida, andou sobre as pétalas passando seus flancos metasomais sobre estas e retornou ao vôo de patrulha. Cinco segundos após, uma fêmea pousou na mesma flor e esfregou seu metasoma nestas pétalas e começou a esfregar as pernas médias e posteriores nos tergos metasomais. Logo depois o macho marcado retornou do vôo de patrulha e pousou sobre a fêmea iniciando a cópula.

No final da antese de *T. subulata* os machos pararam de voar e permaneceram imóveis cada um dentro de uma flor de seu território até que esta fechou completamente. Em um caso foi observado que no dia seguinte, entre 4:30 e 5:00 h, o macho abriu um orifício na base da corola com as mandíbulas e deixou a flor à procura de uma “flor de base”, ainda fechada.

## **Discussão**

*Protomeliturga turnerae* apresenta distribuição ampla no Nordeste do Brasil e ocorre com grande abundância no litoral entre o Maranhão e Alagoas. Sua ocorrência em Brejos de Altitude e na Caatinga parece mais restrita já que em diversos locais onde indivíduos de *Turnera* estiveram presentes, a espécie não foi registrada. Devido à falta de coletas na região, a espécie foi considerada restrita aos Estados de Maranhão e Ceará (DUCKE 1912; RUZ 1991).

A espécie é estreitamente oligolética. A relação íntima com *Turnera subulata* também se mostra na reprodução, no estabelecimento dos territórios dos machos nestas flores, além do uso destas como local de cópula. Oligoletia é citada para diversas espécies de Panurginae, mas na maioria, contudo, as relações com plantas ainda não são conhecidas. Relações de oligoletia são encontradas em *Anthrenoides meridionalis* com flores de *Oxalis* (Oxalidaceae) (SCHLINDWEIN 1998; ALVES DOS SANTOS 1999), *Callonychium petuniae* com flores de *Petunia* (Solanaceae) (WITTMANN *et al.* 1990), *Arhysosage cactorum* com flores de *Notocactus*, *Gymnocalycium* e *Opuntia* (Cactaceae) (SCHLINDWEIN & WITTMANN 1995,

1997), *Neffapis longilingua* com flores de *Malesherbia humilis* (Malesherbiaceae) (ROZEN & RUZ 1995) e diversas espécies de *Panurgillus* com flores de ervas e arbustos pequenos das famílias Apiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Oxalidaceae (SCHLINDWEIN & MOURE 1998; ALVES DOS SANTOS 1999).

Em abelhas onde as fêmeas visitam flores de poucas espécies de plantas, os machos freqüentemente patrulham estas flores (PARKER 1978; BARROWS 1978; THORNHILL & ALCOCK 1983; WITTMANN *et al.* 1990; SCHLINDWEIN & WITTMANN 1995).

O estabelecimento de territórios em abelhas tem a função de monopolizar um local de acasalamento (ALCOCK *et al.* 1978). No início de suas atividades os machos devem primeiramente estabelecer os territórios que são permanentemente mantidos por eles. A delimitação dos territórios entre os machos deve ser um processo dinâmico, acompanhado com defesa de áreas até que definam os territórios. Uma vez estabelecidos, os machos não necessitam investir muita energia na sua demarcação diária. Posteriormente, a competição e defesa do território ficam restritas somente para as áreas de sobreposição com outros machos. Comportamento semelhante foi observado por BARROWS (1978) em *Andrena erigeniae*, onde machos mantêm territórios e compartilham áreas com outros machos co-específicos; porém o autor não especifica se estes machos conservam os mesmos territórios no dia seguinte.

Os machos antecederam ao aparecimento das fêmeas em uma até duas semanas. A protandria favorece o sucesso reprodutivo de machos em espécies onde as fêmeas somente são fecundadas no início da sua fase adulta. No caso de *P. turnerae* que tem um sistema de acasalamento múltiplo e no qual as fêmeas copulam reptidamente ao longo da sua vida, a protandria não deve ter um valor seletivo, mas a função do estabelecimento e distribuição espacial dos territórios antes do surgimento das fêmeas.

A combinação de patrulha de flores e espera por fêmeas em determinadas flores para acasalamento também ocorre em outras espécies de Panurginae: *Calliopsis subalpina* (ROZEN 1970), *Perdita texana* (BARROWS *et al.* 1976), *Cephalurgus anomalus* (EICKWORT & GINSBERG 1980) e *Callonychium petuniae* (WITTMANN *et al.* 1990). Cópulas múltiplas são conhecidas em *Apis andreniformis*, *Apis cerana* (Apidae), *Arhysosage cactorum*, *A. flava*, *Callonychium petuniae*, *Perdita texana*, *Perdita albipennis* (Andrenidae), *Anthidium illustre* e *Anthidiellum notatum* (Megachilidae) (WITTMANN *et al.* 1990; ROIG-ALSINA 1993; SCHLINDWEIN & WITTMANN, 1995).

Em algumas espécies poliandricas de Panurginae que apresentam cópulas longas, os machos acompanham a fêmea em posição de cópula de flor em flor, enquanto a fêmea continua coletando pólen (ROZEN 1958; WITTMANN *et al.* 1990; SCHLINDWEIN & WITTMANN 1995, 1997; MORATO & CAMPOS 2000). O acompanhamento da fêmea até a entrada do ninho tem sido interpretado como impulsionado pela competição entre machos (WITTMANN *et al.* 1990; ROIG-ALSINA 1993).

Em muitas espécies de abelhas é necessário que haja a eversão do saco endofálico para inseminar a fêmea. Contudo, a fêmea pode ser capaz em controlar a eversão do saco endofálico, da forma que a cópula não resulta necessariamente na inseminação da fêmea. (ROIG-ALSINA 1993). Isto significa uma possibilidade de “female choice”.

Depressões laterais no segundo terço abdominal de abelhas Panurginae (SCHLINDWEIN & MOURE 1998) são associadas à presença de glândulas (BLOCHTEIN & SCHLINDWEIN não publ.). Os machos esfregando as pernas nos lados do metassoma, possivelmente estejam juntando as secreções dessas glândulas, utilizando-as na marcação do território. O pouso de uma fêmea no mesmo local onde houve a aplicação dessas secreções pelo macho, indica uma possível função de feromônio sexual.

### **Agradecimentos**

Aos diretores da Empresa Estadual de Pesquisas Agropecuárias da Paraíba (EMEPA) pelo acesso as dependências da Estação Experimental de Mangabeira. Ao Celso Feitosa Martins (UFPB) e Isabel Cristina Machado (UFPE) pelas valiosas sugestões, à Evelise Locatelli, Reisla Oliveira Darrault e Celso Feitosa Martins pela colaboração em campo. Ao CNPq pelo apoio financeiro de parte deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

- ALCOCK, J. 1984. *Animal Behavior, an Evolutionary Approach.*, Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, 5<sup>th</sup> ed., 625 pp.
- ALCOCK, J.; E. M. BARROWS; G. GORDH; L. J. HUBBARD; L. KIRKENDALL; D. W. PYLE; T. L. PONDER & F. G. ZALOM. 1978. The ecology and evolution of male reproductive behavior in the bees and wasps. *Zool. J. Linn. Soc. London* 64: 293-326.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. 1999. Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restinga e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 43 (3/4): 191-223.
- ANDRADE-LIMA, D. 1960. Estudos fitogeográficos de Pernambuco. **Arquivo do Instituto de Pesquisa Agrônômica**. Vol.(5). Secretaria da Agricultura, indústria e Comércio, Pernambuco, Brasil, 305-341.
- BARROWS, E. M. 1978. Male behavior in *Andrena erigeniae* (Hymenoptera: Andrenidae) with comparative notes. *J. Kansas Entomol. Soc.* 51(4): 798-806.
- BARROWS, E. M.; M. R. CHABOT; C. D. MICHENER & T. P. SNYDER. 1976. Foraging and mating behavior in *Perdita texana* (Hymenoptera: Andrenidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 49: 275-279.
- DUCKE, A. 1907. Contribution à la connaissance de la faune hyménoptérologique du Nord-Est du Brésil I. *Revue d'Entomal.* 26: 73-96.

- DUCKE, A. 1908. Contribution à la connaissance de la faune hyménoptérologique du Nord-Est du Brésil II. *Revue d'Entomol.* 27: 57-87.
- DUCKE, A. 1912. Die natürlichen Bienengenera Südamerikas *Zool. Jahrb., Syst. Geogr. Biol.* 34: 51-116.
- EICHWORT, G. C. & H. S. GINSBERG. 1980. Foraging and mating behavior in Apoidea. *Ann. Ver. Entomol.* 25: 421-446.
- LIMA, P. L. & W. D. HECKENDORFF. 1985. Climatologia. In: **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa. Ed. Grafset, 99 pp.
- MICHENER, C. D. 1979. Biogeography of the bees. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 66: 277-347.
- MICHENER, C. D. 2000. *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London. 913 pp.
- MORATO, E. F. & L. A. O. CAMPOS. 2000. Partição de recursos florais de espécies de *Sida* Linnaeus e *Malvastrum coromandelianum* (Linnaeus) Garcke (Malvaceae) entre *Cephalurgus anomalus* Moure & Oliveira (Hymenoptera, Andrenidae, Panurginae) e *Melissoptilia cnecomala* (Moure) (Hymenoptera, Apidea, Eucerini). **Revista Brasileira Zoologia**. 17(3): 705-727.
- OBRECHT, E. & C. HUBER. 1993. Ducke type specimens and other Brazilian insect types in the Emil. A. Goeldi collection in the Natural Museum Bern (Switzerland). An annotated catalogue. *Jahrb. Naturhist. Mus. Bern* 11: 163-184.
- PARKER, G. A. 1978. Evolution of competitive mate searching. *Ann. Ver. Entomol.* 23: 173-196.
- ROIG-ALSINA, A. 1993. The evolution of the apoid endophallus, its phylogenetic implications, and functional significance of the genital capsule (Hymenoptera, Apoidea). *Boll. Zool.* 60: 169-183.

- ROUBIK, D. W. 1989. Ecology and Natural History of Tropical Bees. Cambridge University Press New York, 514 pp.
- ROZEN, J. G. 1958. Monographic study of the genus *Nomadopsis* Ashmead (Hymenoptera: Andrenidae). Univ. Calif. Publ. Entomol. 15: 1-202.
- ROZEN, J. G. 1967. Review of the biology of panurgine bees, with observations on North American forms (Hymenoptera, Andrenidae). **American Museum Novitates**. 2297: 1-44.
- ROZEN, J. G. 1970. Biology and immature stages of the panurgine bee genera *Hypomacrotera* and *Psaenythia* (Hymenoptera, Apoidea). **American Museum Novitates** 2416: 1-15.
- ROZEN, J. G. 1989. Life history studies of the “primitive” panurgine bees (Hymenoptera: Andrenidae: Panurginae). **American Museum Novitates** 2962: 1-27.
- ROZEN, J.G. & L. RUZ. 1995. South American panurgine bees (Andrenidae: Panurginae), Part II. Adults immature stages, and biology of *Neffapis longilingua*, a new genus and species with on elongate glossa. **American Museum Novitates**. 3136: 1-15.
- RUZ, L. 1991. Classification and phylogenetic relationships of the panurgine bees: the Calliopsini and allies (Hymenoptera: Andrenidae). Univ. Kansas Sci. Bull. 54: 209-256.
- RUZ, L. & J.G. ROZEN. 1993. South American panurgine bees (Apoidea: Andrenidae: Panurginae), Part I. Biology, mature larva, and description of a new genus and species. **American Museum Noviatates** 3057: 1-12.
- SCHLINDWEIN, C. & J. S. MOURE. 1998. *Panurgillus*, gênero novo de Panurginae, com a descrição de quatorze espécies do Sul do Brasil (Hymenoptera, Andrenidae). **Revista Brasileira de Zoologia**. 15: 397-439.

- SCHLINDWEIN, C & D. WITTMANN. 1995. Specialized solitary bee as effective pollinators of South Brazilian species of *Notocactus* of *Gymnocalycium*. **Bradleya** 13: 25-34.
- SCHLINDWEIN, C & D. WITTMANN. 1997. Micro foraging routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and bee induced pollen presentation in *Cajophora arechavaletae* (Loasaceae). **Botanica Acta** 110: 177-183.
- SIMPSON, B. B. & J. L. NEFF. 1981. Floral rewards: alternatives to pollen and nectar. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 68: 301-322.
- THORNHILL, R. & J. ALCOCK. 1983. The evolution of insect mating systems. Cambridge, Massachusetts: Harvard Univ. Press.
- WITTMANN, D.; R. RADTKE; J. R. CURE & M. T. SCHIFINO-WITTMANN. 1990. Coevolved reproductive strategies in the oligolectic bee *Callonychium petuniae* (Apoidea, Andrenidae) and three purple flowered *Petunia* species (Solanaceae) in Southern Brazil. **Z. Zool. Syst. Evolut.-forsch.** 28: 157-165.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Características dos territórios de 15 machos de *Protomeliturga turnerae*.

**Tabela 2.** Número de flores em territórios de machos marcados de *Protomeliturga turnerae* em 5 dias consecutivos. Número total de flores, número de flores compartilhadas com outros machos e número de flores não compartilhadas.

**Tabela 3.** Sobreposição de flores nos territórios de 7 machos de *Protomeliturga turnerae* em 5 dias consecutivos.

**Tabela 4.** Número de cópulas de 15 machos individualmente marcados de *Protomeliturga turnerae* durante a antese de *Turnera subulata*.

**LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1.** Mapa de distribuição de *Protomeliturga turnerae*.

**Figura 2.** Dados pluviométricos na área de estudo de janeiro 1999 à dezembro 2000 (fonte EMEPA) e abundância de *Protomeliturga turnerae* nas flores de *Turnera subulata*.

**Figura 3.** Distribuição de territórios dos machos de *Protomeliturga turnerae* em um área de 8 x 7m<sup>2</sup> na EMEPA, João Pessoa.

**Figura 4.** Frequência de visitas de machos e fêmeas de *Protomeliturga turnerae* em flores de *Turnera subulata* (50 horas de observação)

**Figura 5.** Número de cópulas registradas por dia e macho individualmente marcado de *Protomeliturga turnerae*.

**Figura 6.** Número de cópulas de 15 machos individualmente marcados de *Protomeliturga turnerae* durante a antese de *Turnera subulata*. Cópulas agrupados para intervalos de 30 minutos.

**Figura 7.** Posição de cópula de *Protomeliturga turnerae*.

**Tabela 1.** Características dos territórios de 15 machos de *Protomeliturga turnerae*.

<b>Macho</b>	<b>Ocupação do território (dias)</b>	<b>Tamanho médio do território (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº de flores no território (amplitude)</b>
1	6	2,8	132 (110-154)
2	8	2,7	120 (100-140)
3	14	3,3	130 (100-161)
4	6	3	106 (85-128)
5	6	3	121 (90-152)
6	8	3,1	135 (110-160)
7	8	3,1	124 (95-153)
8	12	3,2	110 (80-140)
9	6	2,2	100 (90-110)
10	9	3,7	130 (110-150)
11	14	2,8	111 (85-137)
12	14	3,5	142 (120-164)
13	8	3,7	150 (120-180)
14	10	2,1	105 (80-130)
15	10	2,6	148 (125-171)
<b>Média</b>	-	<b>3,0</b>	<b>124</b>

**Tabela 2.** Número de flores em territórios de machos marcados de *Protomeliturga turnerae* em 5 dias consecutivos. Número total de flores, número de flores compartilhadas com outros machos e número de flores não compartilhadas.

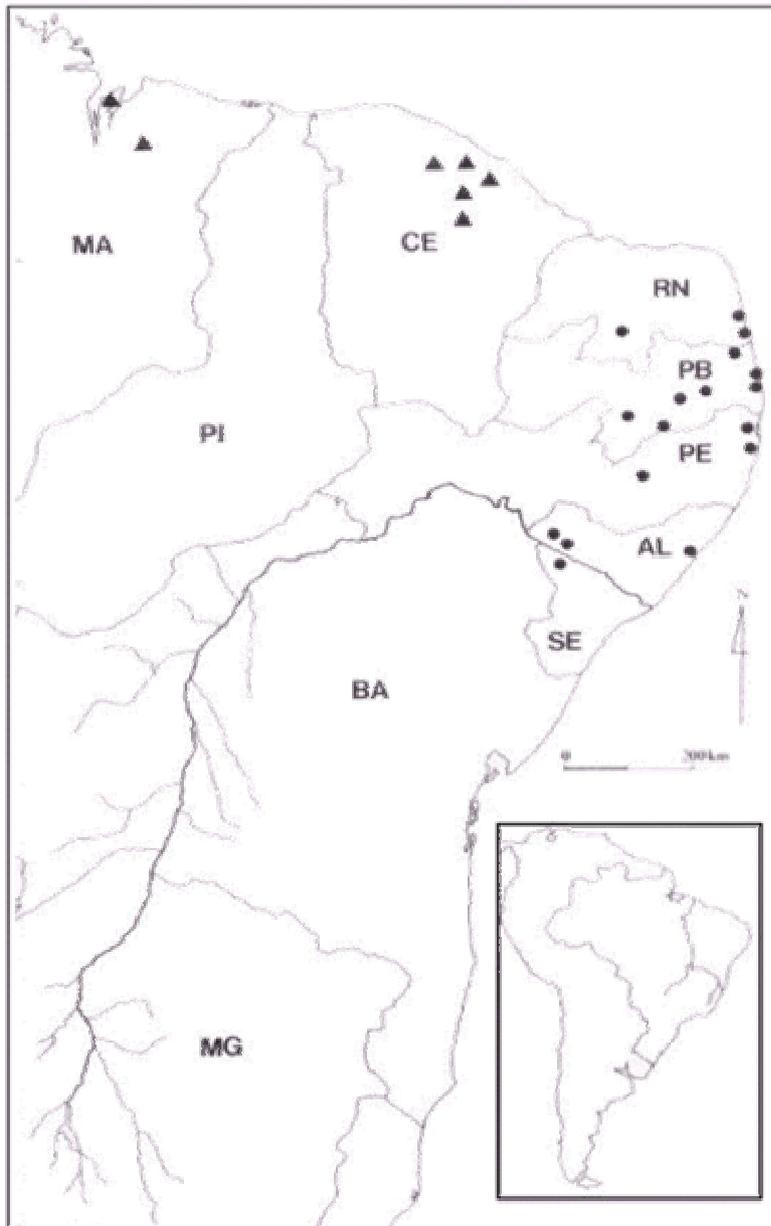
IND.	Nº total de flores no território						Nº de flores compartilhadas com outros machos						Nº de flores não compartilhadas com outros machos					
	1º	2º	3º	4º	5º	X	1º	2º	3º	4º	5º	X	1º	2º	3º	4º	5º	X
1	18	11	15	97	10	13	11	45	74	47	39	63	70	70	76	50	68	67
	0	5	0		7	0	0											
2	13	12	10	11	12	12	67	42	61	76	80	65	65	85	47	38	42	55
	2	7	8	4	2	0												
3	11	14	13	12	11	12	66	95	86	90	62	80	45	50	47	32	51	45
	1	5	3	2	3	5												
4	12	11	13	11	11	11	41	52	39	40	50	44	83	65	91	70	65	75
	4	7	0	0	5	9												
5	12	14	11	12	12	12	44	70	69	71	61	63	80	75	45	52	60	62
	4	5	4	3	1	5												
6	12	11	98	10	11	10	65	44	50	57	57	54	56	70	48	46	53	54
	1	4		3	0	9												
7	13	12	11	12	12	12	59	56	30	37	46	45	76	67	82	90	81	79
	5	3	2	7	7	5												
<b>X</b>	13	12	12	11	11	<b>12</b>	64	57	58	59	56	<b>59</b>	67	68	52	54	60	<b>63</b>
	2	6	0	3	6	<b>2</b>												

**Tabela 3.** Sobreposição de flores nos territórios de 7 machos de *Protomeliturga turnerae* em 5 dias consecutivos.

IND.	Compartilhamento de flores com o 1º macho						Compartilhamento de flores com o 2º macho						Compartilhamento de flores com o 3º macho					
	1º	2º	3º	4º	5º	X	1º	2º	3º	4º	5º	X	1º	2º	3º	4º	5º	X
1	70	30	40	35	25	40	40	15	34	12	14	23	-	-	-	-	-	-
2	32	30	35	40	80	43	35	12	26	36	-	27	-	-	-	-	-	-
3	66	95	86	90	62	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	41	30	10	10	21	22	-	22	12	30	29	23	-	-	1	-	-	-
5	15	35	15	71	61	40	29	25	27	-	-	27	-	1	2	-	-	-
6	65	44	27	30	57	45	-	-	23	27	-	-	-	0	7	-	-	-
7	59	36	10	15	46	33	-	20	12	22	-	18	-	-	8	-	-	-
<b>X</b>						<b>43</b>						<b>23</b>						-

**Tabela 4.** Número de cópulas de 15 machos individualmente marcados de *Protomeliturga turnerae* durante a antese de *Turnera subulata*.

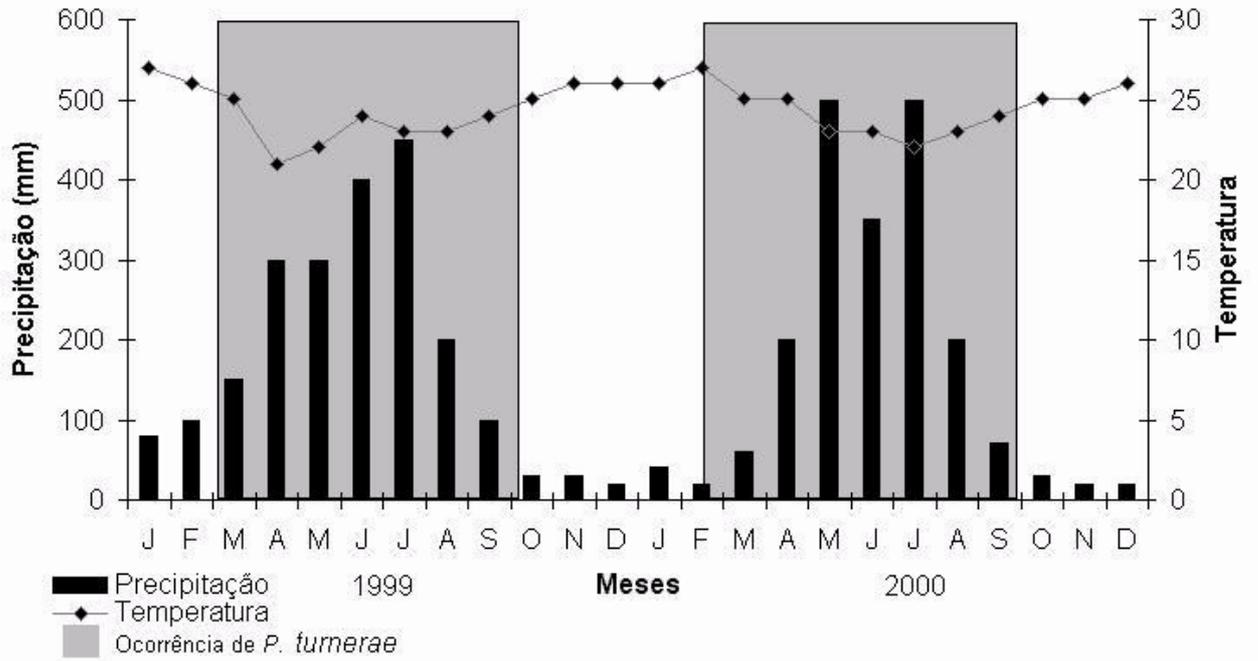
HORÁRIO	INDIVÍDUOS/NÚMERO DE CÓPULAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Soma
6:00-6:30	-	2	2	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	13
6:30-7:00	1	-	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	18
7:00-7:30	4	3	3	2	-	3	4	1	4	2	2	3	4	3	2	40
7:30-8:00	1	-	1	-	1	1	1	-	1	-	2	1	2	2	-	13
8:00-8:30	1	-	-	1	1	-	1	1	-	-	1	-	1	1	1	9
8:30-9:00	-	-	1	-	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	-	7
9:00-9:30	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	4
9:30-10:00	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
10:00-10:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
10:30-11:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Soma	7	5	8	5	6	7	10	5	8	5	7	8	10	9	5	105



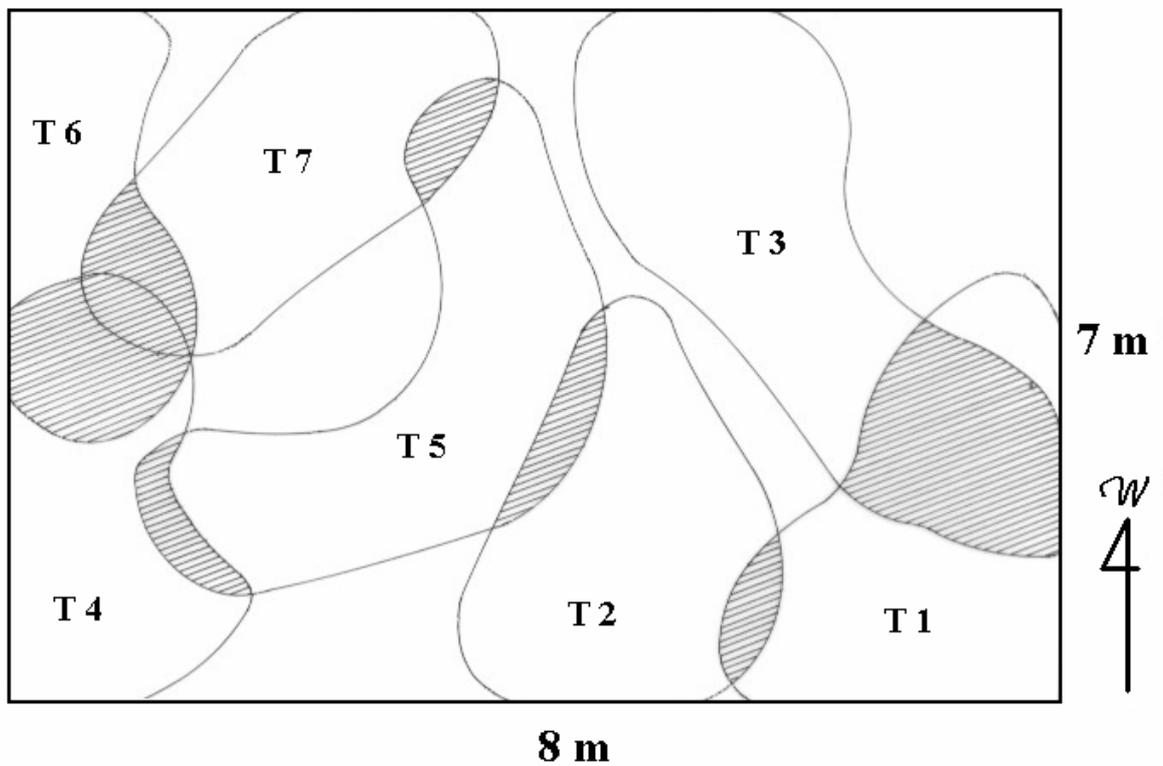
**Figura 1.** Mapa de distribuição de *Protomeliturga turnerae*.

▲ = coletas citadas por Ducke

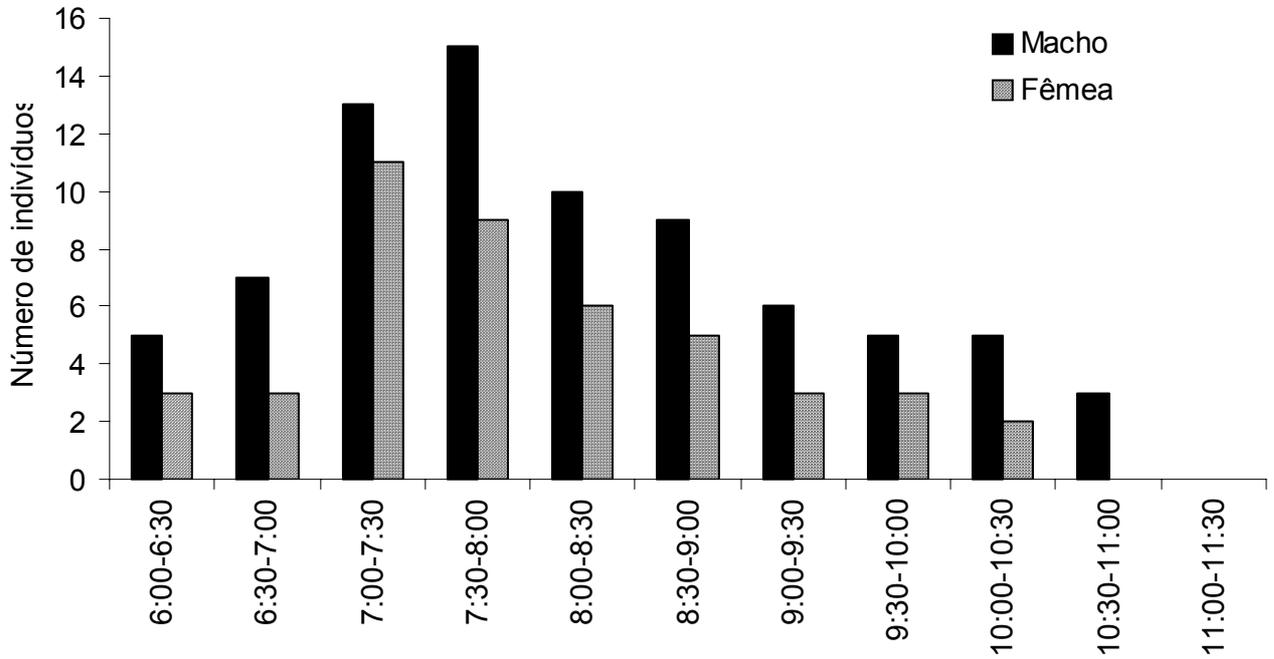
● = coletas verificadas neste trabalho



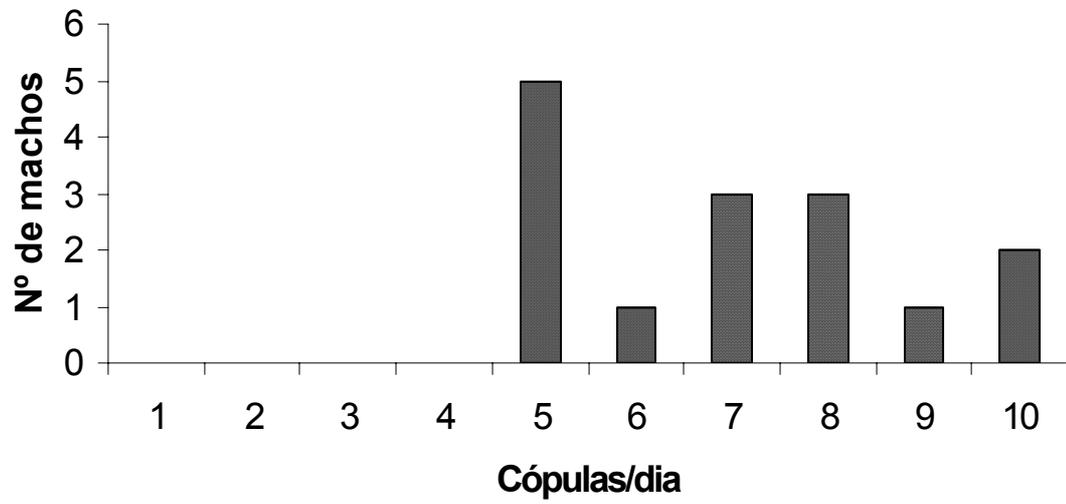
**Figura 2.** Dados pluviométricos na área de estudo de janeiro 1999 a dezembro 2000 (fonte EMEPA) e abundância de *Protomeliturga turnerae* nas flores de *Turnera subulata*. (n = 78 machos e 45 fêmeas)



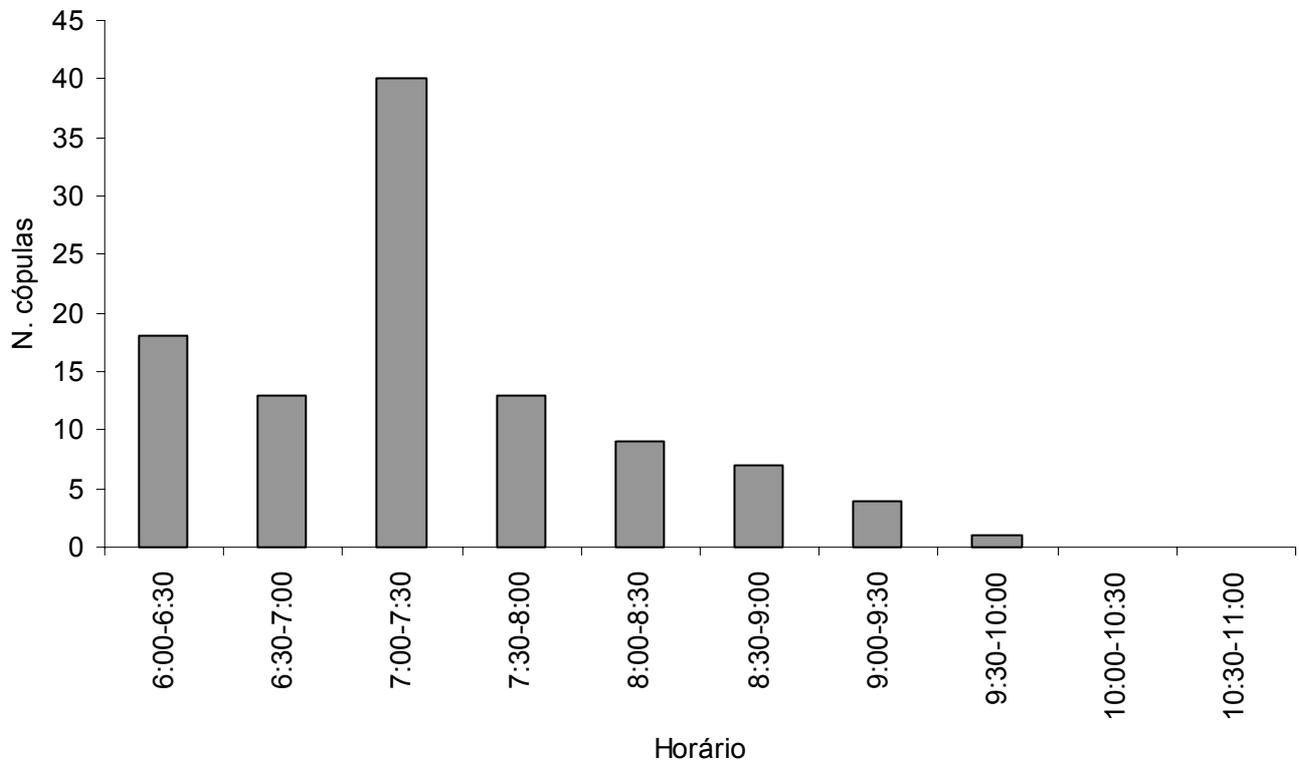
**Figura 3.** Distribuição de sete territórios de machos de *Protomeliturga turnera* em um área de  $8 \times 7 \text{ m}^2$  na EMEPA, João Pessoa. As áreas achoriadas indicam locais de sobreposição de territórios.



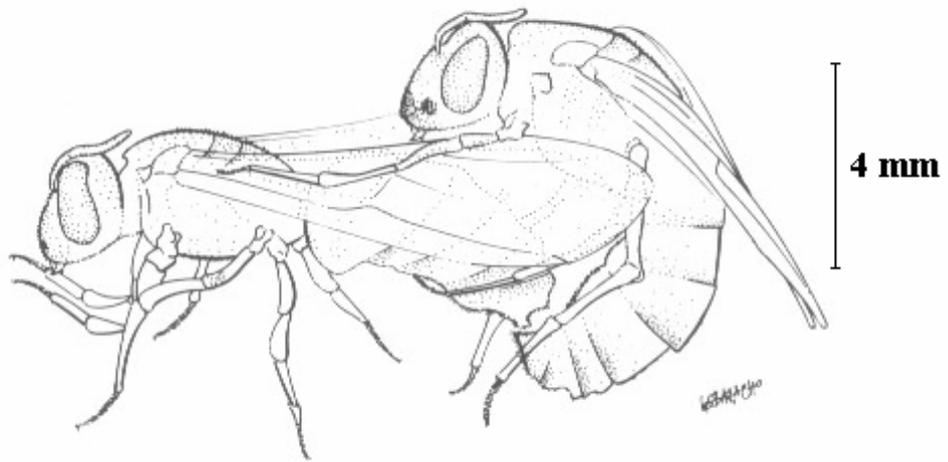
**Figura 4.** Frequência de visitas de machos e fêmeas de *Protomeliturga turnerae* em flores de *Turnera subulata* (50 horas de observação, 10 dias não consecutivos, distribuídos aleatoriamente ao longo do período de estudo).



**Figura 5.** Número de cópulas registradas por dia e macho individualmente marcado de *Protomeliturga turnerae*.



**Figura 6.** Número de cópulas de 15 machos individualmente marcados de *Protomeliturga turnerae* durante a antese de *Turnera subulata*. Cópulas agrupadas para intervalos de 30 minutos.



**Figura 7.** Posição de cópula de *Protomeliturga turnerae*.

**ANEXO**

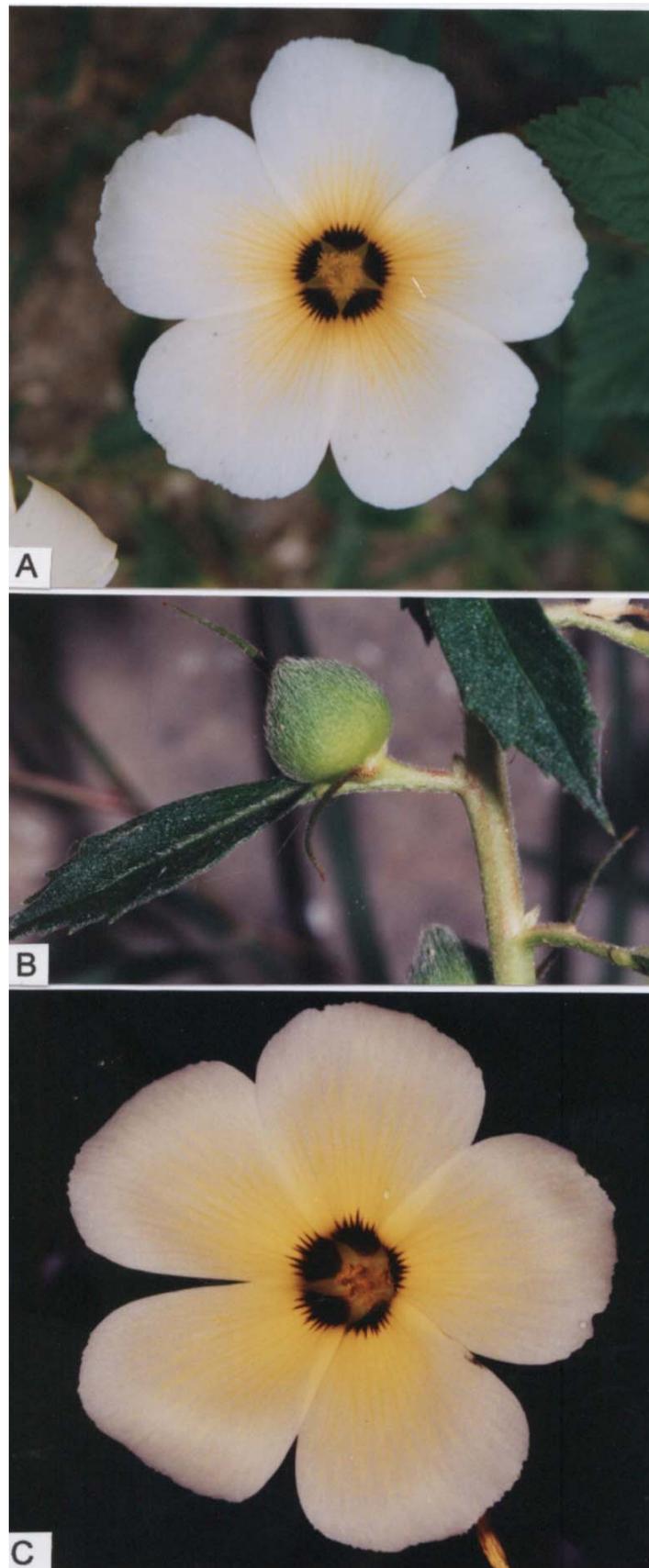


FIGURA 1 – (A) Vista frontal das flores longistila e brevistila (C) e brevistila (B) fruto verde



**FIGURA 2** – Flores de *Turnera subulata* evidenciando as diferenças recíprocas no comportamento do estilete e altura das anteras entre a flor longistila (A) e brevistila (B).



**FIGURA 3** - Alguns visitantes florais de *Turnera subulata* (A) *Apis mellifera* (B) *Protomeliturga turnerae*; (C) *Bicolletes* sp.; (D) Borboleta, coletando néctar e pólen.



**FIGURA 4** – Seqüência do comportamento de fechamento das flores de *Turnera subulata* por *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae).



**FIGURA 5** – *Protomeliturga turnerae*: (A) fêmea; (B) macho



**FIGURA 6** – Seqüência da antese de *Turnera subulata* com macho de *Protomeliturga turnerae* marcando uma flor base em seu território.



**FIGURA 7** – Seqüência da cópula de *Protomeliturga turnerae*



**FIGURA 8** – (A) Detalhe da cópula entre macho e fêmea de *Protomeliturga turnerae*; (B) Competição entre vários machos por uma única fêmea.