

**ALINE CRISTINA MARTINS**

**DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE *Bombus bellicosus* Smith,  
1879 (HYMENOPTERA, APIDAE) E INFERÊNCIAS SOBRE O  
ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE NO BRASIL**

Monografia apresentada à disciplina de Estágio II em Zoologia (BZ029) como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel A. R. de Melo

**Curitiba  
2006**

*Dedico a meus pais, que colocaram a nossa educação acima de tudo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores que se destacaram durante minha formação acadêmica, pelo grande conhecimento que possuem ou pela vontade de ensinar. São eles (as), em ordem alfabética: Andréia A. Marin, Claudio J.B. de Carvalho, Emygdio L. A. Monteiro-Filho, Erasto Villa-Branco Júnior, Fernando Sedor, Gregório Ceccantini, Marco Randi, Paulo Labiak, Paulo de Tarso.

Ao Prof. Gabriel A. R. de Melo, por me orientar desde 2004, de maneira séria e competente; pelos comentários sempre pertinentes e por despertar em mim o interesse pelas abelhas e vespas.

Aos membros da minha banca de avaliação Prof. Cláudio J. B. de Carvalho e ao doutorando MSc. Luiz R. R. Faria-Jr., por se disporem a avaliar meu trabalho.

Ao Jayme, meu melhor amigo, por tudo que aprendemos juntos; pelo incentivo e apoio em todos os momentos. Por ser muitas vezes meu grande colaborador nos trabalhos que fiz e, principalmente, pela convivência e amor durante todos estes anos.

A minha família, que sempre (ou quase) me apoiou; por me incentivar nos meus estudos e financiá-los, mesmo nas horas em que isso era impossível.

Ao Antonio pelos bons conselhos e grande apoio desde a minha entrada no laboratório. Pelas inúmeras vezes que me ajudou, seja lendo meus textos, me acompanhando em coletas, pelo incentivo e por ser mais que um grande amigo.

Ao doutorando da PG em entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Francisco C. Barreto, que me apresentou o MAXENT e me ensinou muito sobre os métodos de distribuição potencial.

Ao Peter, que me ensinou vários macetes do ArcView e do Desktop GARP. A Elaine por me fornecer vários dos *shapefile* utilizados aqui.

A Prof<sup>a</sup> Betina Blochtein da PUCRS e Dr. Maria Helena Galileo da Fundação Zoobotânica/RS que permitiram e apoiaram minha visita as coleções de abelhas de suas instituições. A Rafael Kramke que examinou para mim a coleção da UFSC em busca de exemplares de *Bombus bellicosus*.

Aos colegas do Laboratório de Biologia Comparada de Hymenoptera, pela convivência enriquecedora: Anamaria, Rodrigo, Nuno, Paola, Grazi, Claudivan, Kelli, Felipe, Léo, Gabriel de Paula, Marcel. Aos entomólogos e amigos próximos, que também contribuíram muito para meu crescimento nos últimos anos: Flávia, Prof. Danúncia Urban.

Às meninas do Taxonline que me ajudaram (e como!) a fazer com que meu trabalho no projeto se tornasse muito mais agradável: Jéssica, Pollyana, Tati/Taís.

Ao Antonio e ao Nuno, pela companhia na expedição “em busca de *Bombus bellicosus*”, e por terem coletado os dois únicos exemplares da espécie durante a viagem.

## SUMÁRIO

Lista de Tabelas .....	v
Lista de Figuras .....	vi
Resumo .....	7
Introdução .....	8
Material e métodos .....	12
Resultados e discussão .....	14
Conclusão .....	26
Referências bibliográficas .....	28
Anexos .....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Plantas visitadas por <i>B bellicosus</i> .....	15
<b>Tabela 2.</b> Unidades de Conservação de proteção integral e uso sustentável do sul do Brasil e sua adequabilidade à presença de <i>Bombus bellicosus</i> .....	24

BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / UFRGS

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Exemplos de <i>B. bellicosus</i> da coleção DZUP .....	12
<b>Figura 2.</b> Pontos amostrados nas serras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul .....	14
<b>Figura 3.</b> Sazonalidade de <i>B. bellicosus</i> , para espécimes coletados no Brasil .....	17
<b>Figura 4.</b> Sazonalidade de <i>B. bellicosus</i> , para espécimes coletados na Argentina .....	17
<b>Figura 5.</b> Distribuição geográfica de <i>Bombus bellicosus</i> .....	18
<b>Figura 6.</b> Representação do resultado do teste de Jackknife para a importância das variáveis ambientais na construção do modelo .....	20
<b>Figura 7</b> Distribuição potencial de <i>Bombus bellicosus</i> segundo o clima atual .....	21
<b>Figura 8.</b> União do modelo de distribuição potencial com os pontos de ocorrência de <i>B. bellicosus</i> .....	22
<b>Figura 9.</b> Modelo de distribuição potencial de <i>B. bellicosus</i> com base em projeções futuras de aquecimento global.....	23

## RESUMO

O presente estudo procurou identificar as causas de extinção local no Paraná e inferir sobre o estado de conservação de *Bombus bellicosus* Smith, 1879, uma espécie de abelha social e de distribuição restrita aos campos do sul do Brasil, Argentina e Uruguai. Estudos anteriores verificaram o desaparecimento desta espécie de locais onde antes era abundante no Primeiro e Segundo Planaltos do Paraná. Como ferramenta para o melhor conhecimento da distribuição da espécie e para os objetivos acima propostos, utilizou-se o *software* MAXENT para construção da distribuição potencial. O modelo construído mostrou-se bastante conservativo, visto que a área modelada foi coincidente com a área onde a espécie já foi amostrada. Uma das hipóteses mais plausíveis para o desaparecimento de *B. bellicosus* destas áreas são mudanças climáticas globais que teriam alterado o clima na região e deslocado a distribuição da espécie para o sul. Como uma forma de testar esta hipótese, construiu-se a distribuição potencial com base em projeções climáticas futuras com aumento do aquecimento global. Com exceção de algumas áreas no norte do Chile e centro da Argentina, a maior parte da área projetada para o futuro, foi coincidente com a distribuição potencial baseada em clima atual. *Bombus bellicosus* é uma espécie generalista quanto às fontes de recursos florais e sazonal, não apresentando colônias perenes, como outras espécies sociais. O fato de ser uma espécie generalista enfraquece a suposição de que estaria sendo mais prejudicada pela perda de hábitat do que pelas mudanças no clima. De maneira geral, nenhuma das hipóteses pôde ser refutada ou corroborada totalmente. Esta espécie se encontra pouco preservada no sistema de unidades de conservação do sul do Brasil. O pouco conhecimento de sua história natural, dificulta o entendimento da questão e até a sugestão de ações para sua conservação.

## INTRODUÇÃO

As abelhas, insetos pertencentes à Ordem Hymenoptera, possuem uma grande diversidade de formas e hábitos de vida. São conhecidas atualmente cerca de 15000 espécies de abelhas no mundo todo (Michener 2000). No Brasil, segundo estimativa de Silveira *et al.* (2002), existem 1576 espécies descritas. Diferentemente dos grupos de vespas mais relacionados, as abelhas dependem exclusivamente de recursos florais para sua sobrevivência (Wcislo & Cane 1996).

Em sua associação mutualística com as plantas é que reside o principal papel das abelhas no ambiente e na manutenção da diversidade de outros organismos (LaSalle & Gauld 1993). Da mesma forma a perda de espécies de plantas tem conseqüências drásticas para a conservação das espécies de abelhas.

Porém a maior ameaça à biodiversidade, incluindo as abelhas é a perda de habitats, pela fragmentação e destruição por influência antrópica (Primack & Rodrigues 2005). Juntamente com este fator, a introdução de *Apis mellifera*, de alto poder competitivo parece ser um fator crucial na perda de espécies nativas em ambientes tropicais, mas que ainda necessita ser melhor investigado (Paini 2004). As causas para a extinção de uma espécie podem ser muitas, desde fatores antrópicos (perda de habitat, super-exploração) até fatores estocásticos, que podem ser ambientais (catástrofes, variações demográficas) ou genéticos (perda de variabilidade genética, por exemplo) (Frankham *et al.* 2004).

A despeito do grande número de espécies e indiscutível relevância ecológica, os insetos têm recebido pouca atenção quanto à sua conservação, sendo a extinção de espécies freqüentemente não documentada. Se as taxas de extinção de insetos registradas nos últimos 600 anos fossem as mesmas de aves e mamíferos, teríamos cerca de 44 mil extinções de insetos, contra as 70 documentadas neste período (Dunn 2005).

A importância das abelhas como polinizadores é um fato de importância econômica e ambiental indiscutível. Porém ainda existe pouca informação sobre declínio de espécies de abelhas não somente no Brasil, como em todo mundo. A documentação da extinção de espécies de polinizadores é fundamental para a proposição de ações para sua conservação (Biesmeijer *et al.* 2006).

Quando presentes em listas de espécies animais ameaçadas de extinção, os insetos representam uma parcela muito pequena, incompatível com sua biodiversidade. A IUCN - *World Conservation Union* publica anualmente sua *Red List of Threatened Species*, onde a maioria das espécies animais listadas é de vertebrados. No Brasil, a Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, apresenta 624 espécies apontadas em alguma das categorias de



ameaça, destas somente 33 são insetos (Machado *et al.* 2005). No Livro Vermelho da Fauna ameaçada do estado de Minas Gerais, são apontadas 178 espécies no total e 27 espécies de insetos (Machado *et al.* 1998). Entre as espécies ameaçadas a grande maioria pertence à ordem Lepidoptera. As abelhas estão representadas com apenas três espécies na lista brasileira e uma na lista de Minas Gerais. Para o estado do Paraná, na lista recentemente publicada, foram quantificadas 18 espécies de abelhas ameaçadas de extinção, principalmente devido à associação com ambientes que sofrem forte pressão antrópica (como os Campos e Cerrado) e distribuição geográfica restrita (Schwartz-Filho *et al.* 2003).

O presente trabalho apresenta uma investigação sobre as possíveis causas da extinção local de uma espécie de abelha, *Bombus bellicosus* Smith, 1879 (Figura 1), cujos registros mais recentes no Paraná são da década de 1980 (Bortoli & Laroca 1990). Em locais onde já foi extensivamente coletada, campos do Aeroporto Afonso Pena e Vila Velha, esta espécie já não está mais presente segundo estudos recentes (Gonçalves & Melo 2005, Melo *et al.* 2006).

### ***Bombus bellicosus***

As abelhas do gênero *Bombus*, conhecidas popularmente como mamangavas ou mamangabas, pertencem à subtribo Bombina (Hymenoptera, Apidae). Michener (2000) estimou que existam 250 espécies conhecidas do gênero, distribuídas em todo o mundo (exceto Austrália), com maior diversificação na região holártica. São abelhas de grande porte (9 a 22 mm), pilosas, cuja maioria das espécies apresenta comportamento eussocial. Os ninhos destas abelhas são construídos no chão, à profundidade variável, sendo às vezes, cobertos com detritos vegetais (Moure & Sakagami 1962). No Brasil são conhecidas seis espécies de *Bombus*, todas pertencentes ao subgênero *Fervidobombus*: *B. atratus*, *B. brevivillus*, *B. bellicosus*, *B. brasiliensis*, *B. morio* e *B. transversalis* (Moure & Sakagami 1962; Abrahamovich *et al.* 2004; Silveira *et al.* 2002).

A espécie de distribuição mais restrita do gênero *Bombus* no Brasil é *B. bellicosus*, que segundo estudos anteriores, ocorre apenas no sul do Brasil, nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, e também no Uruguai e na Argentina (Abrahamovich *et al.* 2004, Silveira *et al.* 2002). A morfologia externa de *B. bellicosus* a torna inconfundível quando comparada às espécies simpátricas do gênero, *B. atratus* e *B. morio*. Fêmeas e machos de *B. bellicosus* apresentam pilosidade amarelo-parda ou amarelo-ocre na parte dorsal do mesossoma e avermelhada nos últimos segmentos metassomais, enquanto os indivíduos de *B. morio* são inteiramente pretos e os de *B. atratus* variam de inteiramente pretos a pretos com faixas transversais de pêlos amarelos (Moure & Sakagami 1962). Na filogenia apresentada por

Cameron & Willians (2003) para as espécies do Novo Mundo do subgênero *Fervidobombus*, a espécie *B. bellicosus* aparece como grupo-irmão de *B. dilligens*, espécie com distribuição restrita ao México e Guatemala (Abrahamovich *et al.* 2004).

### **Histórico da ocorrência de *B. bellicosus* e problemática de seu desaparecimento**

O desaparecimento de *B. bellicosus* de dois locais de ocorrência confirmada dá margem ao surgimento de diversas hipóteses para o processo que a levou a extinções locais. No caso do levantamento de fauna de abelhas realizado no Parque Estadual de Vila Velha por Gonçalves & Melo (2005), região dos Campos Gerais em Ponta Grossa (Paraná), nenhum indivíduo da espécie foi coletado, fato este que chamou a atenção dos autores, pois já haviam sido feitos vários registros desta espécie na região, principalmente na década de 1960.

A outra área onde foi registrado seu desaparecimento é a área de campos naturais pertencente ao Aeroporto Afonso Pena, em São José dos Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba (Paraná). Neste local uma série de três levantamentos foi realizada desde a década de 1960, com intervalo de 20 anos entre eles. No terceiro estudo realizado em 2004/2005, *B. bellicosus* não foi coletado (Melo *et al.* 2006), embora estivesse entre as espécies mais abundantes nos levantamentos anteriores (Sakagami & Laroca 1971, Bortoli & Laroca 1990).

Escassez de recursos florais, falta de local ou material adequado à nidificação, mudanças no clima, entre outras adversidades poderiam estar influenciando a queda e extinção das populações de *B. bellicosus*. Como se tratam de locais com influência antrópica distintas (e grau de preservação distinto) torna-se difícil posicionar-se acerca de uma causa única para a extinção desta espécie nestes locais.

### **Distribuição potencial de *B. bellicosus* como ferramenta para inferir sobre seu estado de conservação e causas de extinção**

O conhecimento da distribuição geográfica das espécies brasileiras de abelhas ainda é escasso e, portanto pouco se pode saber acerca da extinção em níveis não-locais de uma espécie como *B. bellicosus*, ainda pouco coletada.

A distribuição geográfica de uma espécie é determinada, ao menos em parte, pelo nicho ecológico fundamental desta (MacArthur 1972). Assim, uma espécie ocorrerá nos locais onde as exigências ecológicas para manter populações viáveis sejam satisfeitas. Desta forma, locais que reúnam características ecológicas ideais para uma determinada espécie, são locais de ocorrência potencial desta.

A modelagem de distribuição potencial, também chamada de modelagem de nicho ecológico, abrange diversos métodos que se utilizam de dados de presença e ausência ou somente de presença, para definir áreas onde uma determinada espécie poderia ocorrer. Na literatura recente, diversos métodos e *softwares* estão sendo utilizados para a modelagem de distribuição potencial, entre eles: o GARP (*Genetic Algorithm for Rule Set Production*) (Stockwell & Noble 1992, Peterson *et al.* 2002, Peterson & Cohoon 2002), a distância de Mahalanobis (Farber & Kadmon 2003), e o MAXENT (Phillips *et al.* 2004; Phillips *et al.* 2006).

As aplicações dos métodos de distribuição potencial vão muito além da simples constatação de onde a espécie pode ocorrer. Estes métodos têm sido utilizados para diversas aplicações como: previsão da distribuição de espécies quando introduzidas (Roura-Pascual *et al.* 2004); reconstrução da invasão de uma espécie introduzida (Vital *et al.* *subm.*) e previsão da distribuição de espécies frente a mudanças climáticas globais (Peterson *et al.* 2002).

No presente estudo a modelagem de distribuição potencial de *Bombus bellicosus* foi construída, utilizando-se de dados climáticos atuais (Hijmans *et al.* 2005) e futuros (Govindasamy *et al.* 2003). O principal objetivo da modelagem da distribuição de *B. bellicosus* foi identificar novas áreas para coleta da espécie e agregar conhecimento acerca de sua distribuição e biologia para inferir sobre o estado de conservação desta no Brasil. Em se tratando de uma ferramenta recente ainda pouco utilizada, um segundo objetivo foi testar a metodologia, a fim de que as áreas previstas no modelo fossem alvos de coletas e atestassem a veracidade da predição.

Uma das hipóteses para o desaparecimento de *B. bellicosus* dos campos do Aeroporto Afonso Pena e de Vila Velha é que devido a mudanças climáticas globais, a espécie tenha deslocado seu limite norte de distribuição para áreas mais ao sul do Brasil. Mudanças climáticas têm causado deslocamento na distribuição de espécies (Parmesan & Yohe 2003) e ainda pode ser a causa de extinção nos próximos anos (Thomas *et al.* 2004). O mesmo que vem ocorrendo para diversas espécies ao redor do mundo, pode ter ocorrido para *B. bellicosus*. Esta hipótese foi testada com a construção da distribuição potencial baseada em cenários de clima futuro com o crescente aquecimento global.



**Figura 1.** Exemplos de *Bombus bellicosus* Smith, 1879 da coleção DZUP: rainha (direita) e operária (esquerda).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Levantamento dos dados

Um extenso levantamento dos dados de ocorrência de *B. bellicosus* foi feito com base em literatura e exame das seguintes coleções entomológicas: Coleção Entomológica Pe. Jesus Santiago Moure do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP); Coleção do Laboratório de Pesquisas Biológicas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (LPB/PUCRS); Coleção entomológica da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul; Coleção do Laboratório de Abelhas Nativas da Universidade Federal de Santa Catarina (LAN/UFSC). Exceto a última, todas as coleções foram examinadas pessoalmente.

Em geral, nos estudos de levantamento de fauna de abelhas, as coordenadas geográficas estavam presentes, bem como em algumas etiquetas de coleta do material depositado nas coleções. Na ausência desta informação, foi feita uma busca dos dados geográficos da localidade nos seguintes sítios de busca: *Biogeomancer* ([biogeomancer.org/](http://biogeomancer.org/)); *GeoLoc* ([smlink.cria.org.br/geoloc/](http://smlink.cria.org.br/geoloc/)); *Geonames* ([www.nga.mil/geonames/GNS/index.jsp](http://www.nga.mil/geonames/GNS/index.jsp)); *Global Gazetteer* ([www.fallingrain.com](http://www.fallingrain.com)) e *Index Mundi* ([www.indexmundi.com/](http://www.indexmundi.com/)).

No Anexo 1 estão presentes todas as localidades de ocorrência registrada de *B. bellicosus*. Em alguns casos não foi possível encontrar informações geográficas sobre a localidade, por serem imprecisas ou desconhecidas (estes casos estão especificados na tabela), sendo assim suprimidas das análises.

Além das informações de ocorrência, foram reunidas informações acerca da história natural de *B. bellicosus*, a partir da literatura consultada e das etiquetas de coleta presentes nos espécimes das coleções examinadas. Os dados reunidos referem-se principalmente a planta visitada e data de coleta e ajudaram a compor a lista de espécies de plantas visitadas e a sazonalidade de *B. bellicosus*.

### **Distribuição potencial e construção dos mapas**

No presente trabalho foi utilizado o *software* MAXENT (Phillips *et al.* 2004; Phillips *et al.* 2006) para a construção da distribuição potencial de *B. bellicosus*. Este é um método recente, ainda pouco utilizado, mas que possui muitas vantagens, como a utilização apenas de dados de presença, fácil utilização e disponibilidade gratuita na Internet (disponível em: <http://maxent.sourceforge.net/>). Algumas tentativas prévias foram feitas utilizando-se o algoritmo genético (GARP) nos *software* Desktop GARP e Open Modeller (ambos disponíveis no site do CRIA – Centro de Referência em Informação Ambiental [www.cria.org.br](http://www.cria.org.br)). Porém estas não foram bem sucedidas devido à dificuldade de manejo dos *software* e resultados pouco plausíveis.

Os dados ambientais utilizados na construção do modelo foram retirados do WORDCLIM 1.3 (Hijmans *et al.* 2005), com 0,0416° de resolução. Para a modelagem da distribuição futura de *Bombus bellicosus* frente ao aquecimento global, foi utilizada uma base de dados desenvolvida por Gonvindasamy *et al.* (2003).

Os dados climáticos utilizados no MAXENT (atuais e futuros) primeiramente foram trabalhados no *software* DIVA-GIS 5.4 (disponível em: < <http://www.diva-gis.org/> >) e convertidos em arquivos do tipo “.asc”, para então serem lidos pelo MAXENT. Foram utilizados altitude, além das variáveis do BIOCLIM: Temperatura média anual (B1); Sazonalidade da temperatura (B4); Temperatura máxima do mês mais quente (B5); Temperatura mínima do mês mais frio (B6); Temperatura média do trimestre mais úmido (B8); Temperatura média do trimestre mais seco (B9); Precipitação anual (B12); Sazonalidade da precipitação (B15); Precipitação do trimestre mais quente (B18).

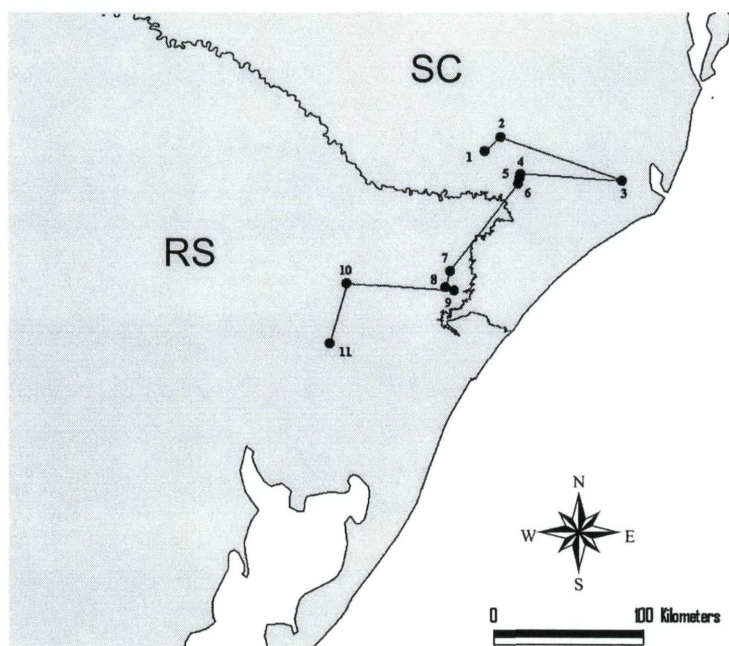
O MAXENT utiliza o procedimento Jackknife (Miller 1974; Heltshe & Forrester 1983) para testar a importância (peso) de cada variável ambiental na previsão do modelo. Assim também o programa apresenta a partir de um cálculo de logaritmo representado em gráficos, a contribuição de cada variável na construção do modelo. Estes dados e gráficos são gerados automaticamente durante a modelagem e apresentados como resultados, juntamente com o mapa da distribuição potencial.

O mapa de distribuição geográfica de *B. bellicosus*, bem como a edição dos mapas de distribuição potencial foram feitas utilizando-se o *software* ArcView Gis 3.2a (ESRI 1999).

### Coletas

Em novembro de 2006 foram realizadas coletas nas regiões das serras em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. Estes locais foram escolhidos para coleta por serem locais com vegetação de campo em sua grande maioria e por apresentarem registros próximos de *B. bellicosus*. Outro forte motivo para a escolha destas áreas é a escassez de coleta de material entomológico na região.

As coletas foram realizadas de 02/11/2006 a 9/11/2006, principalmente em locais próximos às estradas, com auxílio de rede entomológica e focada nas abelhas em visita às flores. Na Figura 2 estão representados os pontos amostrados.



**Figura 2.** Pontos amostrados nas serras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; 1. Estrada S. Joaquim – Urubici 2. Vila Pericó; 3. Fazenda Sr. Olímpio e D. Graça; 4. Estrada B.J. da Serra - S.J. dos Ausentes 5. Estrada B.J. da Serra - S.J. dos Ausentes/Rio Capivaras 6. Estrada B.J. da Serra - S.J. dos Ausentes 7. Estrada S.José dos Ausentes - Cambará do Sul 8. Estrada P.N. Serra Geral 9. P.N. Serra Geral 10. Estrada S.Francisco de Paula – Canela 11. Canela

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos da história natural de *B. bellicosus*

Moure & Sakagami (1962) comentaram brevemente a respeito do ninho de *B. bellicosus*, como sendo feitos em cavidades sob o solo e cobertos com detritos vegetais. Além

desta observação, outros aspectos da nidificação de *B. bellicosus* foram apresentados em duas notas que descreveram a arquitetura e componentes do ninho desta espécie (Varela 1992 a,b). Um aspecto interessante a ser considerado e que foi destacado nestes estudos é a presença no ninho de *B. bellicosus* de uma lâmina de cera cobrindo superiormente o ninho, característica presente nas espécies de *Bombus* do hemisfério norte. Este fato evidencia a associação de *B. bellicosus* a regiões de clima temperado, pois esta lâmina de cera funcionaria como um isolante térmico para o ninho. A associação com temperaturas baixas sugere a fragilidade da espécie frente ao aquecimento global.

A Tabela 1 apresenta uma lista de plantas visitadas por *B. bellicosus*, compilada a partir de levantamentos de fauna de abelhas realizados em São José dos Pinhais (Paraná) (Bortoli & Laroca 1990) e na região das Guaritas (Rio Grande do Sul) (Schlindwein 1995) e de alguns espécimes presentes na coleção do LPB/PUCRS. A ampla gama de espécies e famílias botânicas visitadas por *B. bellicosus* mostra que esta é uma espécie generalista quanto às fontes de alimento. Este aspecto diminui fortemente as chances de *B. bellicosus* desaparecer de uma área por perda de fontes de alimento.

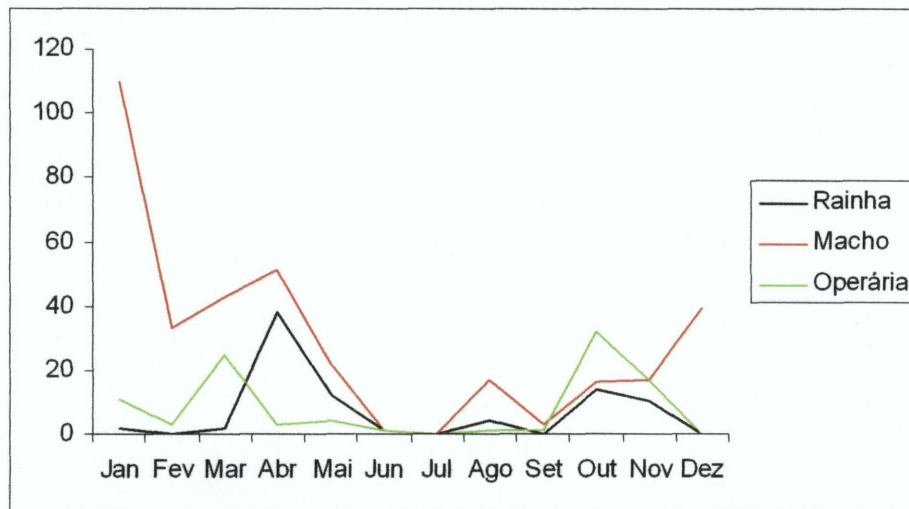
**Tabela 1.** Plantas visitadas por *B. bellicosus* (compilação das espécies: dados de coleta da coleção do LPB/PUCRS e de Bortoli & Laroca 1990 e Schlindwein 1995).

<b>Espécies</b>	<b>Principal Recurso</b>
<b>Aliaceae</b>	
<i>Allium cepa</i>	pólen & néctar
<b>Apiaceae</b>	
<i>Eryngium horedum</i>	néctar
<b>Asteraceae</b>	
<i>Aspilia montevidensis</i>	pólen & néctar
<i>Bidens pilosa</i>	pólen & néctar
<i>Chaptalia nutans</i>	pólen & néctar
<i>Emilia sonchifolia</i>	pólen & néctar
<i>Eupatorium subhastratum</i>	néctar
<i>Eupatorium macrocephalum</i>	néctar
<i>Eupatorium tenacetifolium</i>	néctar
<i>Senecio oleosus</i>	pólen & néctar
<i>Solidago chilensis</i>	pólen & néctar
<i>Symphopappus cuenatus</i>	pólen & néctar
<i>Vernonia cognata</i>	pólen & néctar
<i>Vernonia echioides</i>	pólen & néctar
<i>Vernonia sp.</i>	pólen & néctar
<b>Boraginaceae</b>	
<i>Echium plantaginium</i>	néctar
<i>Moritzia dusenii</i>	néctar
<b>Brassicaceae</b>	
<i>Brassica sp.</i>	néctar
<i>Raphanus raphanistrum</i>	néctar

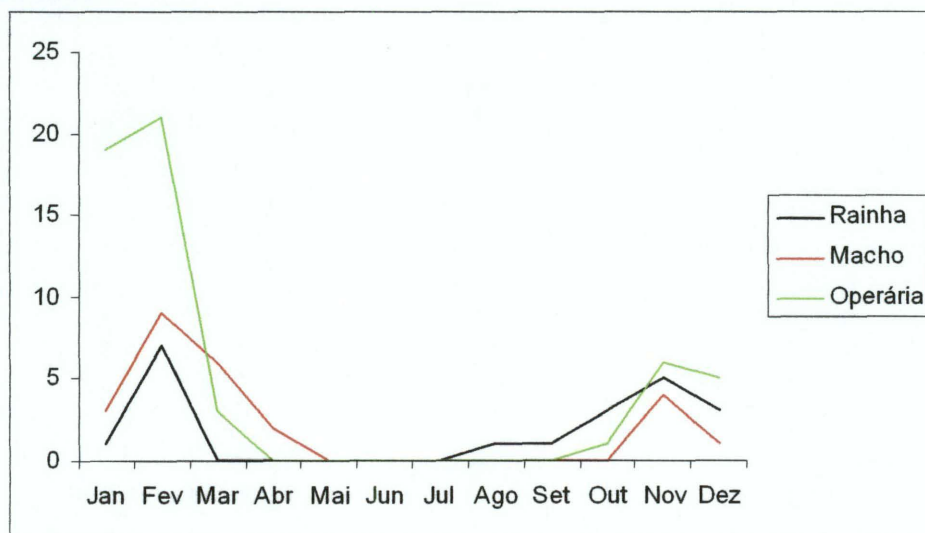
<b>Caesalpinaceae</b>	
<i>Senna neglecta</i>	pólen
<b>Caryophyllaceae</b>	
<i>Silene gallica</i>	néctar
<b>Euphorbiaceae</b>	
<i>Croton sp.</i>	pólen & néctar
<b>Fabaceae</b>	
<i>Lotus coenitilatum</i>	néctar
<i>Macropitilium rostratum</i>	néctar
<b>Lamiaceae</b>	
<i>Hyptis fasciculata</i>	néctar
<i>Salvia rosmarinoides</i>	néctar
<b>Lythraceae</b>	
<i>Cuphea timoides</i>	néctar
<b>Malvaceae</b>	
<i>Hibiscus sp.</i>	pólen & néctar
<i>Sida rhombifolia</i>	pólen & néctar
<b>Oxalidaceae</b>	
<i>Oxalis cf. riparia</i>	néctar
<b>Pontederiaceae</b>	
<i>Eichornia crassipes</i>	néctar
<i>Pontederia lanceolata</i>	néctar
<b>Rubiaceae</b>	
<i>Borreria sp.</i>	néctar
<b>Solanaceae</b>	
<i>Petunia regnellii</i>	pólen & néctar
<i>Solanum erianthum</i>	pólen
<i>Solanum sisymbriifolium</i>	pólen
<b>Tropaeolaceae</b>	
<i>Tropaeolum majus</i>	pólen & néctar
<b>Turneraceae</b>	
<i>Piriqueta seloi</i>	pólen & néctar

Nas Figuras 3 e 4 temos a curva de sazonalidade das três castas de *B. bellicosus* (machos, rainhas e operárias), baseada em espécimes coletados no Brasil e Argentina respectivamente. O período de maior atividade ocorre entre outubro e fevereiro, sendo nulo em julho e pequeno em outros meses. Isso mostra que os indivíduos desta espécie possuem uma sensibilidade a temperatura e que, embora sejam sociais, suas colônias não são perenes como acontece em outras espécies sociais (Michener 2000). Este fato já é conhecido para as espécies de *Bombus* tropicais, onde a cópula ocorre antes da diapausa de inverno (Michener 2000).





**Figura 3.** Sazonalidade de rainhas, machos e operárias de *B. bellicosus* para espécimes coletados no Brasil.



**Figura 4.** Sazonalidade de rainhas, machos e operárias de *B. bellicosus* para espécimes coletados no Argentina.

### Distribuição geográfica de *B. bellicosus*

Na Figura 5 está representada a distribuição geográfica conhecida da espécie. Novas informações foram acrescentadas ao conhecimento anterior da distribuição de *Bombus bellicosus*. Por exemplo, os novos registros para Santa Catarina obtidos a partir de informações de espécimes presentes na coleção da UFSC e como resultado da coleta realizada no presente estudo.

*Bombus bellicosus* é uma espécie de distribuição relativamente ampla ocorrendo desde a Argentina até o estado do Paraná. Porém está associada a áreas abertas, fato este já percebido por Moure & Sakagami (1962), e que torna sua distribuição mais restrita. Em trabalhos anteriores que descreveram a distribuição de *Bombus* na América do Sul (Abrahamovich &

Díaz 2001; Abrahamovich *et al.* 2004) e no Brasil (Moure & Sakagami 1962; Silveira *et al.* 2002), não haviam registros de *B. bellicosus* em Santa Catarina, agora demonstrado neste estudo.

As localidades onde *B. bellicosus* está presente no Brasil apresentam altitudes elevadas (acima de 900 m). Na Argentina estes animais estão presentes em localidades com altitudes variáveis, inclusive próximo ao nível do mar na Província de Buenos Aires. Esta distribuição diferenciada em termos de altitude e latitude (altitudes elevadas em baixas latitudes) deve estar ligada ao clima, especialmente à temperatura.

### **Distribuição potencial de *Bombus bellicosus* segundo cenário de clima atual**

O modelo de distribuição potencial de *Bombus bellicosus* com base em dados climáticos atuais está representado na Figura 6. A adequabilidade dos locais (ou seja, quão adequado é o local para a espécie) está representada numa escala de cores, que varia do mais escuro (mais adequado) ao mais claro (menos adequado). As áreas não coloridas indicam locais que possuem uma adequabilidade muito baixa ou nula.



**Figura 5.** Distribuição geográfica de *B. bellicosus*

A união da área modelada com aquela de ocorrência confirmada da espécie (Figura 8), mostra que o modelo gerado é bastante coincidente com os pontos já amostrados. Mesmo assim, existem áreas que foram indicadas no modelo e que ainda não possuem coletas de *Bombus bellicosus*, sugerindo que novos inventários devem ser realizados para refinar o conhecimento acerca da distribuição da espécie.

A hipótese de que *B. bellicosus* está regionalmente extinta para o estado do Paraná, ainda pode ser refutada, pois alguns locais no estado (p.ex. região sul e centro-oeste) segundo o modelo podem ser adequados à presença da espécie. Nestas regiões, pouco ou nada se sabe acerca da fauna de abelhas, o que nos impede de afirmar a ausência da espécie.

*Bombus bellicosus* é uma espécie que está presente fundamentalmente em áreas com vegetação aberta. As seguintes ecorregiões (Olson & Dinerstein 2002; descrições e *shapefile* obtido através do site <http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions.cfm>), são aquelas que se mostraram adequadas à presença da espécie: Floresta úmida de Araucária; “Argentine Espinal”; “Argentine Monte”; Chaco árido; Restingas da costa atlântica; Florestas secas

montanas da Bolívia; “Central Andean Puna”; Chaco; Savana montana de Córdoba; Pampas úmidos; Floresta de interior da bacia Paraná-Paranaíba; Pampas semi-áridos; Floresta da costa da Serra do Mar; “Southern Andean Yungas”; “Southern Cone Mesopotamian Savanna” e Savanna uruguaia.

Entre as ecorregiões acima descritas algumas se destacam por conter grande parte da distribuição potencial de *B. bellicosus*, são elas a Floresta Úmida com Araucária, Savana Montana de Córdoba, Pampas Úmidos e Semi-áridos, e áreas de transição do Chaco Árido com a Savana Montana de Córdoba. Vale lembrar que no caso da Floresta com Araucária, a distribuição da espécie está concentrada nas áreas de campo, características deste bioma. Considerando que áreas abertas são as mais negligenciadas em termos de sua conservação, essa característica se torna um fator mais agravante para preservação da espécie.

A importância de cada uma das variáveis ambientais na construção do modelo está representada na Figura 6. A variável que se mostrou mais importante foi a temperatura média anual; seguida pela temperatura mínima do mês mais frio e temperatura média do trimestre mais seco. Isso mostra que os indivíduos da espécie são sensíveis a variações de temperatura e que sua distribuição pode estar ligada a estes fatores.

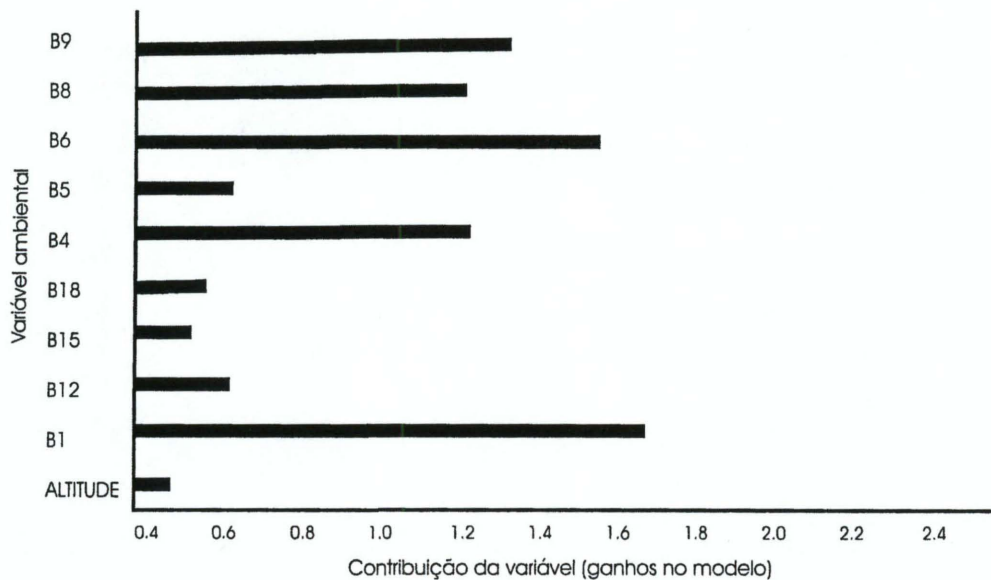
### **Distribuição potencial de *Bombus bellicosus* segundo cenário de clima futuro**

Na Figura 9 está representada a modelagem de distribuição potencial segundo dados climáticos futuros, que prevêem o aumento das temperaturas globais. A distribuição segundo

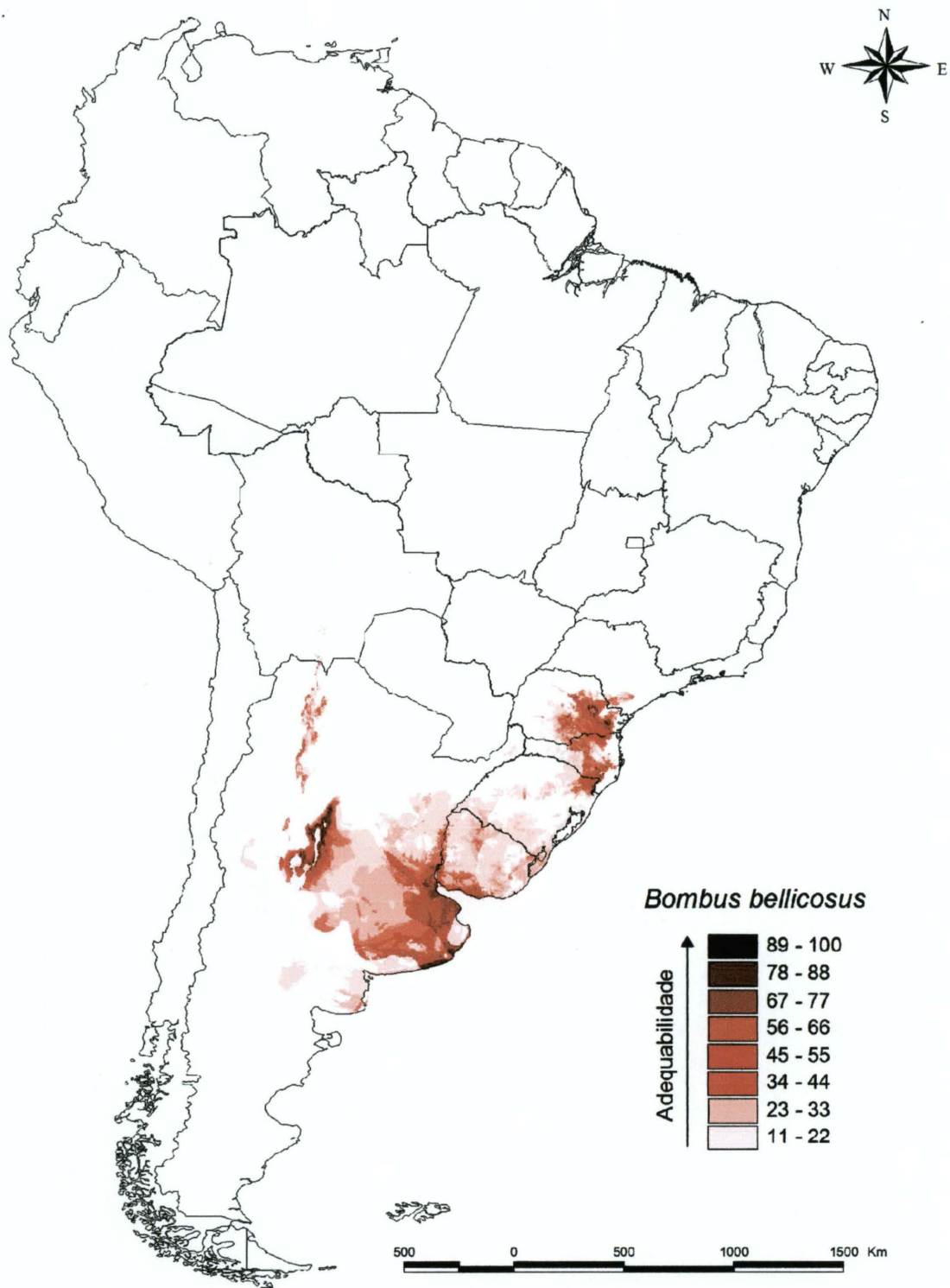
este modelo, não difere muito daquela produzida com dados climáticos atuais (Figura 7), exceto por algumas regiões indicadas como adequadas no norte do Chile e região central da Argentina.

Entretanto a diferença mais marcante em relação ao mapa anterior foi o grau de adequabilidade diferenciado entre as mesmas regiões. De maneira geral grande parte das regiões se tornou mais adequadas à presença de *B. bellicosus* inclusive nas regiões onde está extinto. Este fato enfraquece a hipótese de que *B. bellicosus* se extinguiu destas regiões devido a alterações no clima causadas por aquecimento global.

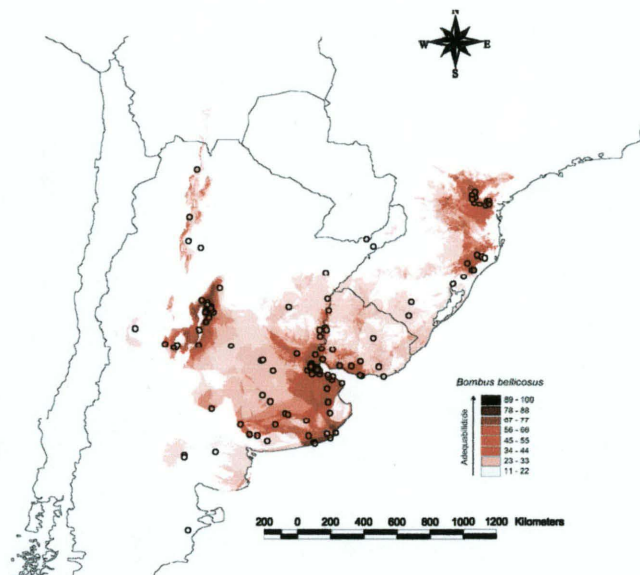
A perda de habitats ainda pode ser um fator mais decisivo neste processo do que a mudança no clima. Ou então, temos a união destes dois fatores a outros que ainda não foram hipotetizados como causadores da extinção local de *B. bellicosus*.



**Figura 6.** Representação do resultado do teste de *Jackknife* para a importância das variáveis ambientais na construção do modelo; Legenda: B1- Temperatura média anual; B4 – Sazonalidade da temperatura; B5 – Temperatura máxima do mês mais quente; B6 – Temperatura mínima do mês mais frio; B8 – Temperatura média do trimestre mais úmido; B9 Temperatura média do trimestre mais seco; B12 – Precipitação anual; B15 – Sazonalidade da precipitação; B18 - Precipitação do trimestre mais quente.



**Figura 7.** Modelo de distribuição potencial de *Bombus bellicosus* com base no clima atual

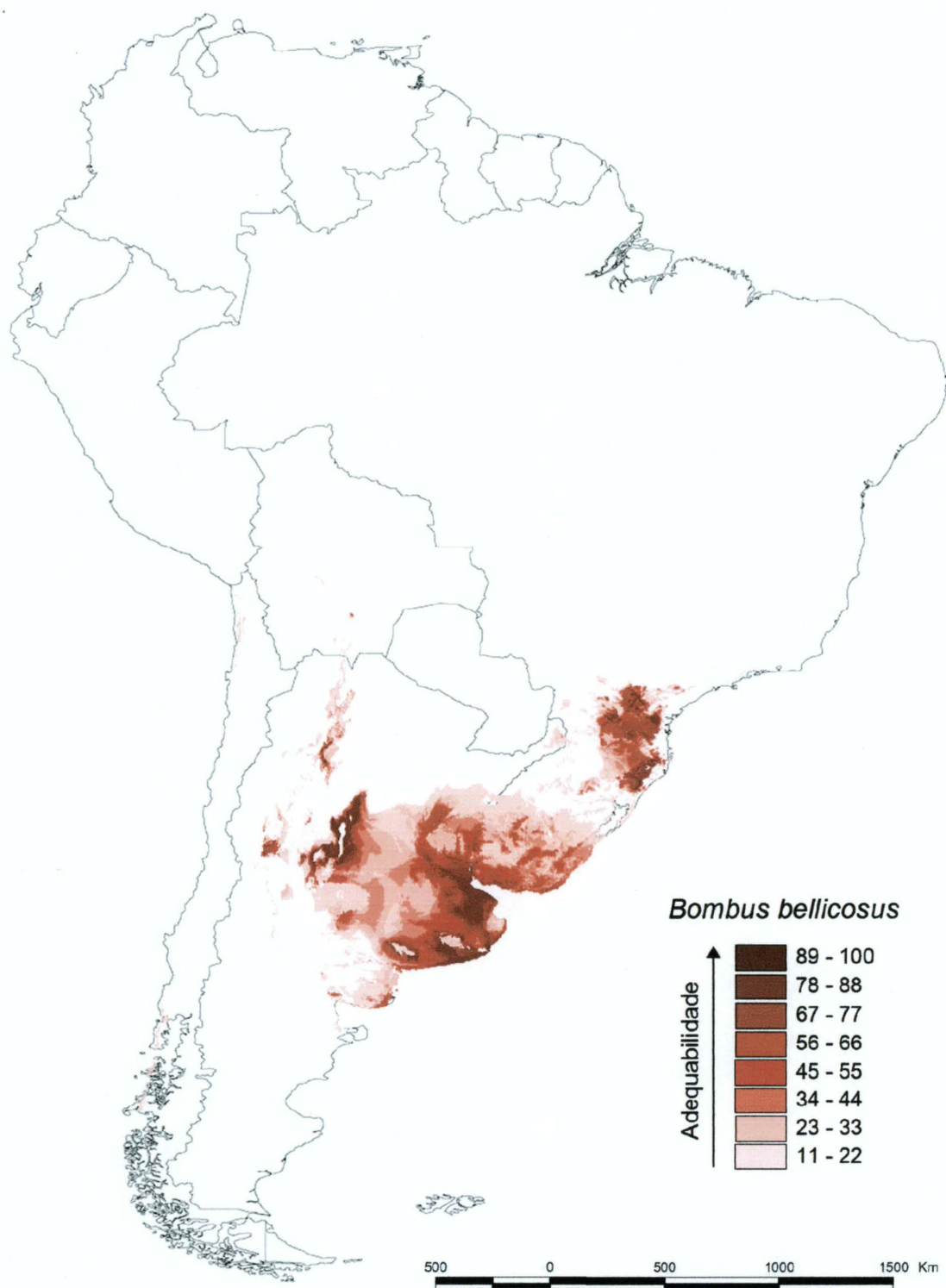


**Figura 8.** União do modelo de distribuição potencial com os pontos de ocorrência de *B. bellicosus*

### **Adequabilidade das unidades de conservação do sul do Brasil à presença de *Bombus bellicosus***

Na Tabela 2 estão representadas todas as unidades de conservação (UCs) de uso sustentável e proteção integral, estaduais e federais do sul do Brasil e uma classificação da adequabilidade destas à presença de *B. bellicosus*.

As únicas unidades que possuem registros confirmados da presença de *B. bellicosus* são: Parque Nacional da Serra Geral, cuja presença foi evidenciada no presente estudo; e o Parque Nacional dos Aparados da Serra (“Itaimbezinho”). O Parque Estadual de Vila Velha possui registros históricos de ocorrência da espécie (Coleção DZUP), mas atualmente não é mais encontrada nesta unidade de conservação (Gonçalves & Melo 2005).



**Figura 9.** Modelo de distribuição potencial de *Bombus bellicosus* com base em projeções futuras de aquecimento global.

Em se tratando de uma espécie ameaçada de extinção para o Brasil e provavelmente extinta no estado do Paraná, esta deveria estar mais bem protegida no sistema de unidades de conservação em que se encontra presente. A distribuição de *B. bellicosus* está fora das unidades de conservação, o que indica que para uma efetiva conservação da espécie novas unidades de conservação deveriam ser criadas.

**Tabela 2.** Unidades de conservação de proteção integral e uso sustentável do sul do Brasil e sua adequabilidade a e/ou confirmação da presença de *B. bellicosus*.

Unidade de Conservação	UF	Adequabilidade
A.P.A. de Anhatomirin	SC	nula
A.P.A. da Escarpa Devoniana	PR	baixa a alta
A.P.A. de Guaraqueçaba	PR	nula
A.P.A. de Guaratuba	PR	nula a alta
A.P.A. de Ibiraitutã	RS	baixa
A.P.A. do Iraí	PR	alta
A.P.A. Ilhas e Várzeas do Rio Paraná	PR	nula
A.P.A. do Passaúna	PR	alta
A.P.A. Rio Piraquara	PR	baixa a alta
A.P.A. do Rio Pequeno	PR	alta
A.P.A. da Serra da Esperança	PR	baixa a alta
A.R.I.E. do Buriti	PR	nula
A.R.I.E. da Cabeça-do-cachorro	PR	nula
A.R.I.E. Pontal dos Latinos e Pontal dos Santiagos	RS	baixa
A.R.I.E. São Domingos	PR	nula
A.R.I.E. Serra das Abelhas - Serra da Prata	SC	baixa
A.R.I.E. da Serra do Tigre	PR	baixa
E.E. Aracuri-Esmeralda	RS	baixa
E.E. da Mata Preta	PR	baixa
E.E. do Taim	RS	baixa
E.E. Guaraqueçaba	PR	nula
E.E. Rio dos Touros	PR	baixa
F.E. Córrego da Biquinha	PR	alta
F.E. Metropolitana	PR	alta
F.E. do Palmito	PR	baixa
F.E. do Passa Dois	PR	alta
F.E. de Santana	PR	baixa
F.N. Açungui	PR	baixa
F.N. Caçador	SC	baixa
F.N. Canela	RS	baixa
F.N. Caçador	SC	baixa a alta
F.N. Ibirama	SC	nula



F.N. Irati	PR	baixa
F.N. Passo Fundo	RS	baixa
F.N. Pirai do Sul	PR	baixa
F.N. São Francisco de Paula	RS	baixa
F.N. Três Barras	SC	baixa a alta
H.F. Geraldo Rossi	PR	baixa
H.F. Jacarezinho	PR	nula
P.E. Boguaçu	PR	nula
P.E. de Campinhos	PR	baixa
P.E. de Caxambu	PR	alta
P.E. do Cerrado	PR	baixa
P.E. Graciosa	PR	baixa
P.E. do Guartelá	PR	alta
P.E. João Paulo II	PR	alta
P.E. do Lago Azul	PR	baixa
P.E. das Lauráceas	PR	nula a baixa
P.E. Mata dos Godoy	PR	nula
P.E. da Mata São Francisco	PR	nula
P.E. do Monge	PR	alta
P.E. de Palmas	PR	nula
P.E. do Pau Oco	PR	baixa
P.E. do Penhasco Verde	PR	baixa
P.E. Pico Marumbi	PR	baixa
P.E. Roberto Ribas Lage	PR	baixa
P.E. Vila Rica do Espírito Santo	PR	nula
P.E. Vila Velha	PR	baixa
P.F. Córrego Maria Flora	PR	baixa
P.F. Ibicatu	PR	nula
P.F. Ibiporã	PR	nula
P.F. Rio da Onça	PR	nula
P.N. Aparados da Serra	RS	alta
P.N. das Araucárias	SC	nula
P.N. Iguaçu	PR	nula
P.N. de Ilha Grande	PR	nula
P.N. da Lagoa do Peixe	RS	baixa
P.N. Saint-Hilaire/Lange	PR	nula
P.N. São Joaquim	SC	alta
P.N. Serra Geral	RS	alta
P.N. Serra do Itajaí	SC	nula
P.N. Superagui	PR	nula
R.B. São Camilo	PR	nula
R.F. Figueira	PR	nula
R.F. Jurena	PR	nula
R.F. do Pinhão	PR	baixa

R.F. do Saltinho	PR	baixa
RESEX. Pirajubá	SC	baixa

Legenda: A.P.A. – Área de Proteção Ambiental; A.R.I.E. – Área de Relevante Interesse Ecológico; E.E. – Estação Ecológica; F.E.- Floresta Estadual; F.N. – Floresta Nacional; H.F. Horto Florestal; P.E. – Parque Estadual; P.F. – Parque Florestal; P.N. – Parque Nacional; R.B. Reserva Biológica; R.F. – Reserva Florestal; RESEX – Reserva Extrativista.

### Coletas nas serras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

A expedição de coleta nas serras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul resultou na coleta de dois espécimes de *B. bellicosus*, em São Joaquim (SC) e no Parque Nacional da Serra Geral (Cambará do Sul, RS). O registro de São Joaquim é novo, embora já houvesse registro para a cidade vizinha Bom Jardim da Serra (LAN/UFSC).

Estes dois espécimes coletados eram rainhas, provavelmente em época de fundação de seus ninhos. Esta parece ser a época de maior atividade das rainhas, o que pode ser evidenciado nos gráficos de sazonalidade apresentados aqui (Figuras 3 e 4).

Em São Joaquim, *B. bellicosus* foi coletado em uma área bastante antropizada, próxima a estradas e cultivos de maçãs, diferentemente do Parque Nacional da Serra Geral, uma área extensa e bem protegida. O fato de *B. bellicosus* ocorrer tanto em áreas bem preservadas quanto em áreas alteradas, indica que o grau de conservação do ambiente não é um fator limitante para a presença da espécie. Este fato pode ser explicado pela sua tendência generalista em fontes de recursos para nidificação e alimentação.

### CONCLUSÃO

A modelagem de distribuição potencial de espécies se mostrou uma ferramenta eficaz para o estudo de espécies ameaçadas, pois facilita o entendimento da distribuição geográfica destas e até mesmo de sua biologia e associação com o ambiente.

Embora ainda pouco utilizado o *software* MAXENT é um método promissor na construção da distribuição potencial, pois oferece vantagens em relação a métodos mais utilizados (o GARP por exemplo), devido à sua fácil utilização e resultados mais claros e detalhados.

Apesar das vantagens que a modelagem pôde oferecer ao entendimento da extinção local de *B. bellicosus*, esta ainda é muito pequena para que conclusões sejam tomadas. A extinção de uma espécie é um processo complexo tanto quanto a própria vida e especiação e, portanto necessita de informações além das apresentadas aqui.

Entre as hipóteses que podem ser formuladas para o desaparecimento de *B. bellicosus* (1. perda de recursos florais e para nidificação; 2. competição com espécies exóticas; 3. alterações no clima), todas necessitam de mais estudos tanto para sua refutação quanto corroboração. A primeira hipótese é a que faz mais sentido para a maioria das espécies de abelhas, porém no caso de *B. bellicosus*, que é uma espécie generalista e que ainda ocorre em ambientes fortemente antropizados, esta se enfraquece.

A competição com espécies exóticas, no caso com *Apis mellifera*, ainda precisa ser bastante investigada não somente para *B. bellicosus*, como para toda a fauna nativa dos locais onde ela é invasora. Porém existe um potencial de competição entre estas espécies, já que *A. mellifera* é uma espécie generalista, abundante e que poderia estar limitando a quantidade de recursos nos locais onde estas espécies convivem.

Entre todas estas hipóteses aquela que parecia mais plausível é a de extinção causada por mudanças climáticas globais. Isto por que a região onde *B. bellicosus* desapareceu no Paraná, representa o limite norte da distribuição da espécie, muito provavelmente imposta pelo clima. A análise da distribuição potencial em cenários futuros de aquecimento global mostrou um aumento na adequabilidade desta região à espécie, contrariando a hipótese formulada. Porém as temperaturas mínimas foram aquelas que mais contribuíram para a construção do modelo (Figura 6), sugerindo a associação da espécie a estas variáveis e, portanto a hipótese de que *B. bellicosus* estaria sendo influenciada negativamente por mudanças no clima não pode ser totalmente descartada.

A forte associação de *B. bellicosus* a áreas de vegetação aberta pode estar influenciando a distribuição e conservação da espécie de forma mais decisiva do que todas as outras hipóteses. Estas áreas são frequentemente as mais degradadas e negligenciadas em termos de sua conservação. Nas regiões onde *B. bellicosus* desapareceu (São José dos Pinhais e Ponta Grossa) existe a pressão de destruição do hábitat, embora na segunda esta seja bem menos pronunciada. Por ser uma espécie social, de grande porte e que, por isso necessita de grandes quantidades de recursos para sua sobrevivência, *B. bellicosus* poderia estar mais frágil à destruição do hábitat. Entretanto outras espécies do gênero, *B. atratus* e *B. morio*, ocorrem comumente nas mesmas áreas.

É provável que a união de todas estas hipóteses seja a explicação para o desaparecimento de *B. bellicosus*. Mais uma vez a escassez de informações sobre a espécie é um empecilho no entendimento desta questão.

Sugere-se que *B. bellicosus* seja incluída na lista da fauna ameaçada do estado do Paraná, como uma espécie regionalmente extinta (RE), segundo critérios da IUCN (IUCN 2001)

utilizados no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada do Estado do Paraná. Obviamente, com a distribuição potencial, novas áreas devem ser identificadas para que a extinção regional para o Paraná seja confirmada. Uma proposta de inclusão de *B. bellicosus* na lista da fauna ameaçada do Paraná é apresentada (Anexo 3), segundo normas apresentadas por Mikich & Bérnils (2003).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamovich, A. H. & Diaz, N. B. 2001. Distribución geográfica de las especies del genero *Bombus* Latreille (Hymenoptera, Apidae) en Argentina. **Revista Brasileira de Entomologia** 45: 23-36.
- Abrahamovich, A.H.; Díaz, N. B. & Morrone, J. J. 2004. Distributional patterns of the Neotropical and Andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). **Acta Zoologica Mexicana** 20 (1): 99-117.
- Biesmeijer, J.C.; Roberts, S.P.M., Roberts; Reemer, M.; Ohlemüller, R.; Edwards, M. ; Peeters, T.; Schaffers, A.P.; Potts, S.G.; Kleukers, R.; Thomas, C.D.; Settele, J. & Kunin, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science** 313: 351-354.
- Bortoli, C. & S. Laroca. 1990. Estudo biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) de uma área restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com notas comparativas. **Dusenía** 15: 1-112.
- Cameron, S.A. & Willians, P.H. 2003. Phylogeny of bumble bees in the New World subgenus *Fervidobombus* (Hymenoptera: Apidae): congruence of molecular and morphological data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**. 28: 552-563.
- Dunn, R.R. 2005. Modern insect extinctions, the neglected majority. **Conservation Biology**. 19 (4): 1030-1036.
- ESRI, 1999. **Arc View GIS @ 3.2a**. Environmental Systems Research Institute, Inc. New York.
- Farber, O. & Kadmon, R. 2003. Assessment of alternative approaches for bioclimatic modeling with emphasis on the Mahalanobis distance. **Ecological Modelling** 160, 115-130.
- Frankham, R.; Ballou, J.D. & Briesior, D.A. 2004. **A Primer of Conservation Genetics**. Cambridge University Press, Cambridge.

- Gonçalves, R.B. & Melo, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae, s.l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. **Revista Brasileira de Entomologia** **49** (4): 557-571.
- Govindasamy, B., Duffy, P.B. & Coquard, J. 2003. High-resolution simulations of global climate, part 2: effects of increased greenhouse cases. **Climate Dynamics** **21**: 391-404.
- Heltsh, J. F. & N. E. Forrester. 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. **Biometrics** **39**:1-11.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** **25**: 1965-1978
- IUCN (*International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources*).2001. **IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1**. Gland & Cambridge: IUCN Species Survival Commission, 38 p.
- LaSalle, J. & Gauld, I.D. 1993. Hymenoptera: their diversity, and their impact on the diversity of other organisms. *In*: LaSalle, J. & Gauld, I.D (eds.) **Hymenoptera and Biodiversity**, C.A.B. International, The Natural History Museum.
- MacArthur, R.H. 1972. **Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species**. Harper and Row.
- Machado, A.B.M.; C.S. Martins & G.M. Drummond. 2005. **Lista da Fauna Brasileira ameaçada de extinção**. Fundação Biodiversitas. Belo Horizonte.
- Melo, G.A.R.; Martins, A.C. & Gonçalves, R.B. 2006. Alterações de longo prazo na estrutura de assembléias de abelhas: conhecimento atual e perspectivas, p. 150-155. *In*: W.C. Santana, C.H. Lobo & K.H. Hartfelder (eds.). **Anais do VII Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto, FFCLRP-USP, FMRP-USO.
- Michener, C.D. 2000. **The Bees of the World**. Johns Hopkins University Press, Cambridge.
- Mikich, S.B. & R.S. Bérnils (eds).2003. **Livro vermelho da fauna ameaçada do Estado do Paraná**. Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Curitiba.
- Milliron, H.E. 1973. A monograph of the western hemisphere bumblebees (Hymenoptera: Apidae: Bombinae). II. The Genus *Megabombus* Subgenus *Megabombus*. **Memoirs of the Entomological Society of Canada** **89**: 81-237.
- Miller, R.G. 1974. The jackknife: a review. **Biometrika** **61**:1-15.

- Moure, J.S. & Sakagami, S.F. 1962. As mamangabas sociais do Brasil (*Bombus*, Latreille) (Hymenoptera, Apoidea). **Studia Entomologica** 5:65-194.
- Olson, D.M. & Dinerstein, E. 2002. The Global 200: priority ecoregions for global conservation. **Annals of Missouri Botanical Garden** 89: 199-224.
- Paini, D.R. 2004. Impact the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. **Austral Ecology** 29: 399-407.
- Parmesan, C. & Yohe, G.A. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature** 421: 37-42.
- Peterson, A.T.; Ball, L.G. Cohoon, K.P. 2002. Predicting distribution of Mexican birds using ecological niches modeling methods. **Ibis** 144: 27-32.
- Peterson. A.T., Ortega-Huerta, M.A., Barteley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J. Buddemeier, R.H., Stockwell, D.R.B. 2002. Future projection for Mexican faunas under global climate change scenarios. **Nature** 416: 626-629
- Phillips S.J.; Dudík, M. & Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. **Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning**, Banff, Canada.
- Phillips S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E. 2006 Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling** 190: 231–259
- Primack, R.B. & Rodrigues, E. 2005. **Biologia da Conservação**. Ed. Planta.
- Roura-Pascual, N.; Suarez, A.V.; Gómez, C.; Pons, P.; Touyama, Y.; Wild, A.L. & Peterson, A.T. 2004. Geographical potential of argentine ants (*Linepithema humile* Mayr) in the face of global climate change. **Proceedings of Royal Society of London** 271: 2527-2534.
- Sakagami, S.F. & Laroca, S. 1971. Relative abundance, phenology and flower visits of apid bees in eastern Paraná, Southern Brazil. **Kontyû** 39: 217-230.
- Sch lindwein, C. 1995. **Wildbienen und Ihre Trachtpflanzen in einer südbrasilianischen Buschlandschaft: Fallstudie Guaritas, Bestäubung bei Kakteen und Loasaceen**. Tese de Doutorado, Universidade de Tübingen, Alemanha. 148 p.
- Schwartz-Filho, D.L.; Laroca, S. & Malkowski, S.R. 2003. Abelhas. In: Mikich, S.B. & R.S. Bérnils (eds). **Livro vermelho da fauna ameaçada do Estado do Paraná**. Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Curitiba.
- Silveira, F.A.; Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. 2002. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. F.A. Silveira. Belo Horizonte.

- Stockwell, D. R. B., and I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of analysis. **Mathematics and Computers in Simulation** 33:385-390.
- Thomas, C. D.; Cameron, A.; Green, R.E.; Bakkenes, M; Beaumont, L.J.; Collingham, Y.C.; Erasmus, B.F.N.; Siqueira, M. F.; Grainger, A. Hannah, L. *et al.* 2004. Extinction risk from climate change. **Nature** 427: 14-148.
- Varela, G. 1992 a. Nota preliminar sobre los componentes de un nido de *Bombus bellicosus* Smith, 1879 (Hymenoptera, Apoidea). **Bol. Soc. Zool. Uruguay** (2<sup>a</sup> época) 7: 55-56.
- Varela, G. 1992 b. Nota preliminar sobre la fenología del nido de *Bombus bellicosus* Smith, 1879 (Hymenoptera, Apoidea). **Bol. Soc. Zool. Uruguay** (2<sup>a</sup> época) 7: 53-54.
- Vital, M.V.C.; Diniz-Filho, J.A.F.; Hepburn, R.; Radloff, S. & Fuchs, S. submetido. Distribution of Africanized honeybees reflects niche characteristics of African subspecies. **Nature**.
- Wcislo, W.T. & Cane, J.H. 1996. Floral resource utilization by solitary bees (Hymenoptera, Apoidea) and exploitation of their stored foods by natural enemies. **Annual Review of Entomology** 41:257-286.

## ANEXOS

### 1. Localidades de ocorrência registrada de *Bombus bellicosus*.

Localidade	Coordenadas Geográficas		Altitude (metros)	Referência geográfica	Referência
	Latitude	Longitude			
<b>Argentina</b>					
<b>Buenos Aires</b>					
Abra de la Ventana	-34.06	-61.60		GNS	Mi, A & D
Ayo. Guarajavilla ( <i>Arroyo Guarajavilla</i> ) <sup>1</sup>					A & D
Bellocoq	-35.92	-61.53	79	GG	A & D
Bolivar	-36.25	-61.1	102		DZUP, M & S
Cerro de la Ventana	-38.05	-58.02		GNS	Mi, A & D
Chascomús	-35.56	-58.02	16	GG	A & D
Delta ( <i>Estación Delta</i> )	-34.42	-58.58		GNS	A & D
El Nogal ( <i>Estância El Nogal</i> )	-36.28	-57.96		GNS	A & D
Gral. Mansilla ( <i>General Mansilla</i> )	-35.08	-57.75	22	GG	A & D
Hurlingham	-34.60	-58.63	15	GG	Mi DZUP, M & S,
Ituzaingó	-34.67	-58.67	28	GG	A & D
José C. Paz	-34.50	-58.75	25	GG	A & D
Junín	-34.58	-60.96	75	GG	A & D
Laprida	-37.55	-60.82	209	GG	A & D
La Balandra ( <i>Balneario La Balandra</i> )	-34.90	-57.70		GNS	A & D
La Gloria	-38.43	-61.27		GG	A & D
Llavallol	-34.78	-58.43	16	GG	Mi
La Plata	-34.93	-57.95	26	GG	Mi, A & D
Lujan	-34.57	-59.10	21	GG	Mi
Maipú	-36.87	-57.87	19	GG	A & D
Martínez	-34.48	-58.50	18	GG	A & D
Mar del Plata	-38.00	-57.55	38	GG	A & D DZUP, M & S,
Marcos Paz	-34.78	-58.84	26	GG	A & D
Miramar	-38.27	-57.85	17	GG	A & D
Moreno	-34.46	-58.92	14	GG	Mi, A & D
Necochea	-38.50	-58.75	30	GG	A & D
Olavarria	-36,90	-60,28		GNS	DZUP
Otamendi	-34.23	-58.86	3	GG	DZUP, M & S
Pacheco ( <i>General Pacheco</i> )	-34.46	-58.65	11	GG	DZUP, M & S



Pto. Quequén Salado	-38.57	-58.70	32	GG	A & D DZUP, Mi, M & S
Puán	-37.55	-62.72	257	GG	S
Punta Chica	-34.47	-58.52	16	GG	Mi
Punta del Indio	-35.27	-57.23	0	GG	A & D
Punta Laro ou Punta Lara	-34.82	-57.98	4	GG	Mi
Río Lujan	-34.28	-58.92	19	GG	A & D
San José	-38.17	-59.02		GNS	Mi
San Isidro	-34.47	-58.53	15	GG	Mi
San Pedro	-33.67	-59.68	31	GG	A & D
Sierra de Balcarce <sup>1</sup>					A & D
Sierra Baya	-36.95	-60.15	214	GG	A & D
Sierra Curá-Malal <sup>1</sup>					A & D
Sierras de Tandil <sup>1</sup>					A & D DZUP, Mi, M & S
Tandil	-37.32	-59.15	188	GG	S
Tornquist	-38.10	-62.23	276	GG	Mi, A & D
Ventana ( <i>Sierra de la Ventana</i> )	-38.15	-61.80	250	GG	M & S
Villa Balester	-34.53	-58.55	26	GG	Mi
Zelaya	-34.37	-58.90		GG	A & D
<b>Córdoba</b>					
Cabana	-31.22	-64.37	729	GG	A & D
Capilla del Monte	-30.85	-64.52	972	GG	A & D
Centro d. Provincia ( <i>Centro de Provincia</i> ) <sup>1</sup>					M & S A & D, DZUP,
Cordoba	-31.40	-64.18	383	GG	Mi, M & S
Cosquín	31.25	64.48	719	GG	Mi, A & D
Cruz del Eje	-30.73	-64.80	449	GG	A & D
El Sauce, Dto.					
Calamuchita	-31.10	-64.32	779	GG	A & D
Huerta Grande	-31.07	-64.50	963	GG	Mi, A & D
J. Cabrera <sup>1</sup>					A & D
La Cumbre	-30.97	-64.50	1129	GG	A & D
La Granja, Alta Gracia	-31.67	-64.43	515	GG	A & D
La Paz <sup>1</sup>					A & D
La Tablita <sup>1</sup>					A & D
Pampa del Pocho <sup>1</sup>					A & D
Pan de Azúcar	-31.28	-64.27		TJ	A & D
Punilla <sup>1</sup>					Mi, A & D
Rancho Alegre <sup>1</sup>					A & D
Rayo Quebrado ( <i>Rayo Cortado</i> )	-30.08	-63.83	457	IM	A & D

Río Ceballos	-31.17	-64.33	729	GG	A & D
Santa María <sup>1</sup>					A & D
Tanti	-31.33	-64.60	996	GG	A & D
V. Ciudad de América <sup>1</sup>					A & D
Vale de los Reartes ( <i>Los Reartes</i> )	-31.92	-64.58	788	GG	A & D, Mi
Villa Carlos Paz	-31.40	-64.62	661	GG	DZUP, Mi
<b>Chubut</b>					
Chubut	-43.30	-65.56		GNS	A & D
<b>Corrientes</b>					
Mercedes	-29.20	-58.08	84	GG	Mi
Mocoretá	-30.63	-57.97	25	GG	A & D
Monte Prado <sup>1</sup>					Mi
<b>Distrito Federal</b>					
Palermo	-34.58	-58.42		GNS	A & D
<b>Entre Ríos</b>					
Colón	-32.22	-58.13		IM	A & D
Paranacito	-33.73	-58.67	5	GG	DZUP, M & S
Pronunciamento	-32.35	-58.43	31	GG	DZUP, A & D
Salto Grande	-31.28	-57.93		GG	A & D
Villa Elisa	-32.67	-58.40	42	GG	A & D
<b>Jujuy</b>					
Santa Bárbara	-23.60	-65.07	1569	GG	DZUP
<b>La Pampa</b>					
Santa Rosa	-36.62	-64.28	175	GG	DZUP, M & S
<b>Misiones</b>					
Misiones <sup>1</sup>					A & D
Posadas	-27.38	-55.88	53	GG	A & D
San Juan (San Juan de La Sierra*)	-27.78	-55.50	301	IM	A & D
<b>Río Negro</b>					
Darwin	-39.20	-65.77	126	GG	A & D
Luis Beltran	-39.32	-65.77	129	GG	A & D
Río Colorado	-39.02	-64.08	59	GG	A & D
<b>San Luís</b>					
Daniel Donovan	-33.33	-66.23	837	GG	A & D
El Durazno	-33.17	-66.15	1157	GG	A & D
El Portezuelo	-33.12	-66.83	637	GG	A & D
El Rincon	-32.35	-64.98	1022	GG	DZUP
Potrero de Funes	-33.22	-63.23	952	GG	A & D
San Luís	-33.30	-66.35	708	GG	A & D
<b>Santa Fe</b>					
Helvecia	-31.10	-60.08	7	GG	Mi
La Plata ( <i>Laguna La</i> )	-34.03	-61.51		GNS	Mi

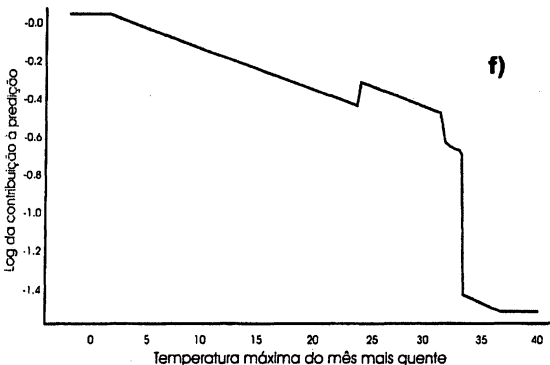
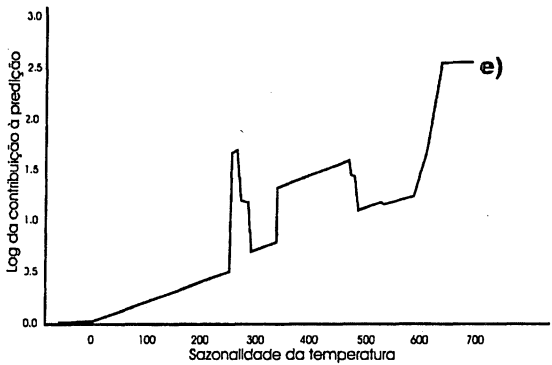
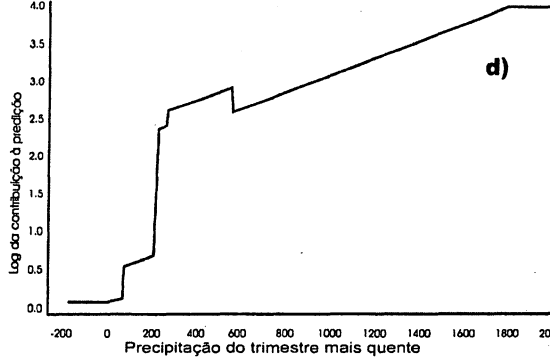
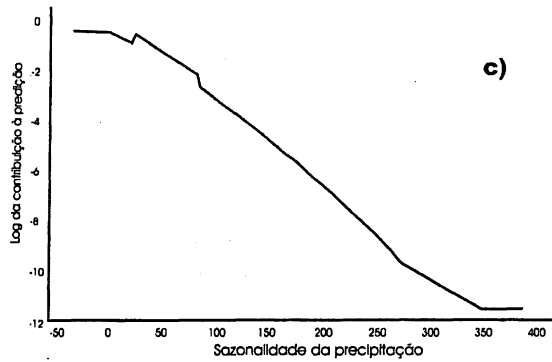
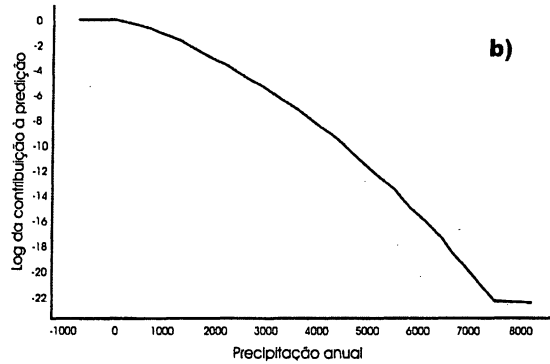
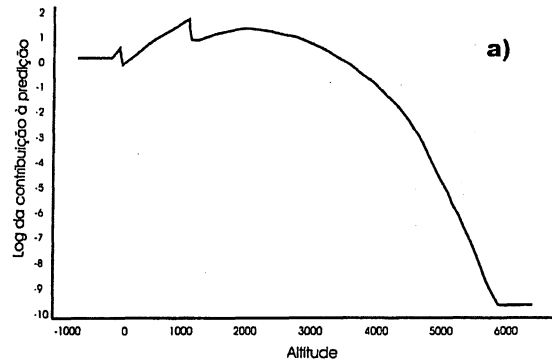
<i>Plata)</i>					
<b>San Tiago del Estero</b>					
Gusay ( <i>Gusayán</i> )	-27.87	-64.85	477	GG	A & D
<b>Tucuman</b>					
Colonia ( <i>Nueva Trinidad</i> )	-27.50	-65.52	300	GG	Mi
San Pedro de Colalao (Trancas)	-26.23	-65.48	1056	GG	Mi
<b>Brasil</b>					
<b>Paraná</b>					
Almirante Tamandaré	-25.30	-49.32	968	GG	DZUP DZUP, Mi, M & S
Araucária	-25.58	-49.42	895	GG	S
Barreiro <sup>1</sup>					DZUP
Castro	-24.78	-50	1038	GG	DZUP
Colombo	-25.28	-49.23	931	GG	DZUP
Curitiba	-25.42	-49.25	913	GG	DZUP. La
Palmeira	-25.43	-50.03	913	GG	DZUP, M & S
Ponta Grossa	-25.08	-50.15	912	GG	DZUP, M & S
São José dos Pinhais	-25.52	-49.22	901	GG	DZUP, M & S
São Luís do Purunã	-25.48	-49.73	973	GG	DZUP, M & S
<b>Rio Grande do Sul</b>					
Bom Jesus	-28.70	-50.40	1046	GG	DZUP
				Schl.	
Caçapava do Sul	-30.80	-53.44	300	1995	Schl
Cambará do Sul	-29.07	-50.04	1041	GPS	LPB, DZUP
Cambará do Sul	-29.05	-50.14	1031	GeoLoc	Zoob.
Candiota	-31.56	-53.57	220	GPS	PUCRS
Esteio	-29.85	-51.17	11	GG	DZUP, M & S
São Francisco de Paula	-50.58	-29,45		GeoLoc	LPB, DZUP
<b>Santa Catarina</b>					
Bom Jardim da Serra	-28.34	-49.62	1245	GeoLoc	LAN
Bom Jardim da Serra	-28.41	-49.44	1237	GPS	DZUP
São Joaquim	-28.25	-49.86	1456	GPS	DZUP
<b>Uruguai</b>					
<b>Canelones</b>					
Prado <sup>1</sup>					Mi
<b>Colonia</b>					
Carmelo	-33.99	-58.28	12	GG	Mi
Rosario	-34.32	-57.35	18	GG	Mi
<b>Durazno</b>					
Branquillo	-32.77	-55.53	69	GG	Mi
<b>Flores</b>					
Flores <sup>1</sup>					Mi
<b>Florida</b>					

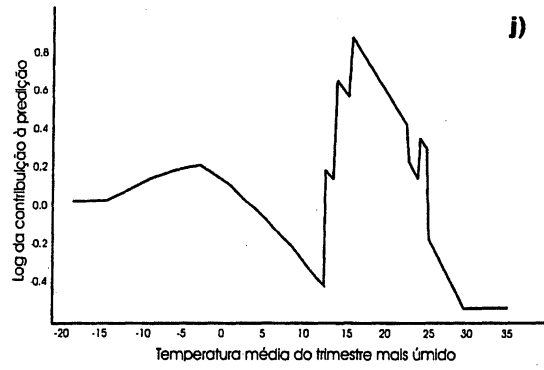
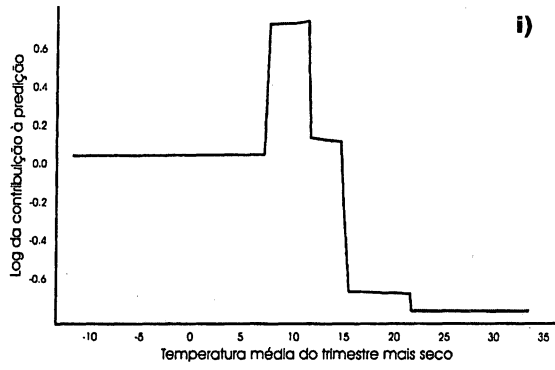
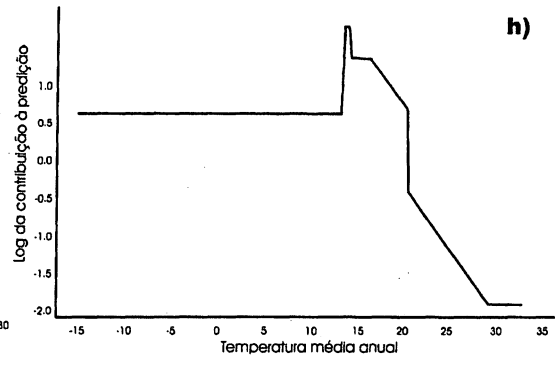
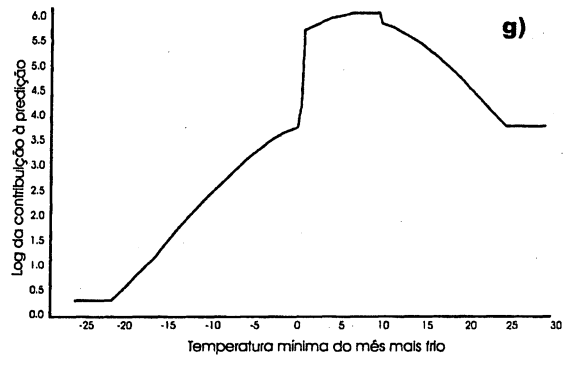
Florida	-34.09	-56.21	73	GG	Mi
<b>Lavalleja</b>					
Minas (Arequila)	-34.37	-55.22	147	GG	Mi
<b>Maldonado</b>					
Maldonado	-34.90	-54.95	20	GG	Mi
<b>Montevideo</b>					
Montevideo	-34.86	-56.17	43	GG	Mi
<b>Paysandu</b>					
Paysandu	-32.32	-58.07	34	GG	Mi
<b>San José</b>					
San José	-34.34	-56.71	45	GG	Mi
<b>Soriano</b>					
Coquimbo	-33.45	-57.73	58	GG	Mi
Soriano	-33.40	-58.32	14	GG	Mi
Sayago	-34.83	-56.23		IM	Mi

I Localidades que foram excluídas por não ter sido encontrada, por existir mais de uma com o mesmo nome, ou por se tratar de um nome muito vago (como Centro de Província, p. ex.).

Legenda: GNS – Geonames; GG- Global Gazetteer; IM - Index Mundi; Schl. 1995 - Schlindwein 1995; GeoLoc – GeoLoc; TJ - Travel Journal; GPS - Medição de GPS presente na etiqueta de coleta do exemplar; Mi - Milliron (1973); A & D – Abrahamovich & Díaz (2001); M & S - Moure & Sakagami (1962); Schl. - Schlindwein (1995); DZUP/UFPR - Coleção entomológica Pe. Jesus Santiago Moure Departamento de Zoologia Universidade Federal do Paraná; LAN/UFSC - Laboratório de Abelhas Nativas - Universidade Federal de Santa Catarina; LPB/PUCRS - Laboratório de Pesquisas Biológicas - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Zoob. Fundação Zoobotânica.

**2. Representação gráfica da resposta de *Bombus bellicosus* as variáveis ambientais utilizadas no modelo.** a) Altitude; b) Precipitação anual; c) Sazonalidade da precipitação; d) Precipitação do trimestre mais quente; e) Sazonalidade da temperatura; f) Temperatura máxima mês mais quente; g) Temperatura mínima mês mais frio; h) Temperatura média anual; i) Temperatura média do trimestre mais seco; j) Temperatura média do trimestre mais úmido.





### 3. PROPOSTA DE INCLUSÃO DE *Bombus bellicosus* na Lista da fauna ameaçada do Paraná\*

## **BOMBUS BELLICOSUS**

Smith, 1879

**Nomes vulgares:** mamangava

**Classe:** Insecta

**Ordem:** Hymenoptera

**Família:** Apidae

### **Situação**

Não incluída em outras listas de espécies ameaçadas

### **Categoria proposta para o Estado do Paraná RE**

### **Justificativas**

No Paraná esta espécie foi coletada em locais muito restritos, em áreas abertas de campos naturais e em levantamentos recentes não é mais encontrada nestes locais. A espécie parece ter uma forte associação a áreas de climas mais frios e pode estar sofrendo com o aumento das temperaturas na região de ocorrência no estado. Um fator agravante é o alto grau de degradação em que se encontra seu ambiente típico de ocorrência, os campos naturais. O último registro de *B. bellicosus* no Paraná é da década de 1980 em um levantamento de fauna realizado no Aeroporto Afonso Pena, em São José dos Pinhais.

### **Distribuição**

Esta espécie ocorre na Argentina, Brasil e Uruguai, basicamente em áreas abertas dos três países. No Brasil sua presença está confirmada nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em áreas de campos e frequentemente associada a locais de altitude elevada.

### **Presença e situação em unidades de conservação no Paraná**

A espécie foi registrada no Parque Estadual de Vila Velha, onde atualmente não é mais encontrada.

### **Informações gerais**

*Bombus bellicosus* é uma espécie social, onde a rainha sozinha funda seu ninho. São abelhas de grande porte, com coloração preta na maior parte do corpo, exceto pelo mesoscuto e últimos tergos do abdômen, que apresentam coloração vermelho-ferrugíneo. Seus ninhos são construídos no chão, sob vegetação cortada e seca. Ocorre em grande parte do ano, com exceção dos meses mais frios do inverno. No Brasil, as rainhas provavelmente fundam seus ninhos em setembro e outubro; machos e operárias nascem mais tarde, em novembro. Pouquíssimos trabalhos oferecem dados a respeito da biologia destas abelhas, fazendo com que existam poucos subsídios para a conservação da espécie.

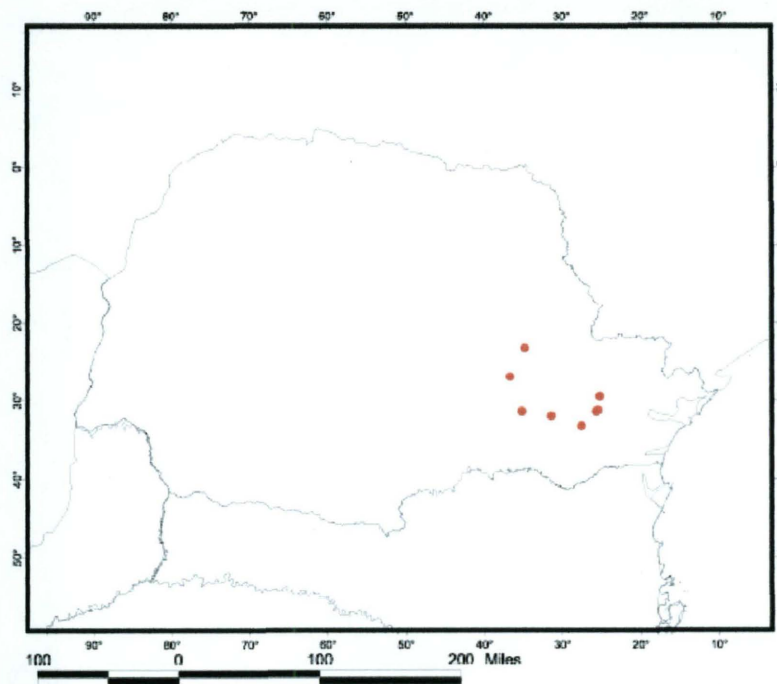
## Ameaças

A perda e fragmentação do hábitat são ameaças a muitas espécies animais e vegetais, inclusive para *Bombus bellicosus*. Porém a sua associação a áreas frias e a atual elevação da temperatura global, devem ser os fatores mais importantes a conservação de *B. bellicosus* no Paraná e no Brasil.

## Medidas para conservação

Como a redução do aquecimento global é uma tarefa um tanto difícil, a principal medida para conservação desta espécie é a preservação de seus hábitats típicos no Brasil. No Paraná, pouco pode-se fazer para conservar esta espécie, visto que pode ser considerada localmente extinta.

Ocorrência histórica de *Bombus bellicosus* no estado do Paraná



Estados com registro confirmado de *Bombus bellicosus*

