

***Hedypathes betulinus* KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) E SUAS
RELAÇÕES COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS¹**

Hedypathes betulinus KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) AND ITS RELATION
WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES

Márcia d'Avila² Alessandro Dal'Col Lúcio³ Ervandil Corrêa Costa⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi conhecer a relação entre os fatores ambientais e o comportamento de *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera: Cerambycidae) em erva-mate, sendo as observações realizadas nos municípios de Ilópolis (RS) e Catanduvas (SC). Os ervais amostrados eram homogêneos, com idade de oito anos, espaçamento de 1,5 m x 2,0 m e possuíam 15 e 20 ha respectivamente. Foram realizados seis dias de observações em Ilópolis (RS) no mês de fevereiro de 2001, e três em Catanduvas (SC) no mês de março de 2001, sendo estas efetuadas de hora em hora, ao longo do dia. Os fatores ambientais observados foram temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m/s) e intensidade luminosa (Klux), por meio de um termohigrógrafo e anemômetro digital, e um luxímetro. Quanto aos aspectos comportamentais, foram observados: cópula (C), postura (P), alimentação (A), macho guardando fêmea (MGF), inseto parado sozinho (PS) e inseto em movimento (EM). Os resultados foram interpretados pela análise de trilha, em que a umidade relativa do ar, seguida da velocidade do vento, intensidade luminosa e temperatura, em ordem decrescente, interagiram com os diversos aspectos comportamentais de *Hedypathes betulinus*.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, broca da erva-mate, análise de trilha.

ABSTRACT

The objective of this work was to know the relationship among environmental factors and the behavior of *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera: Cerambycidae) in erva-mate, being the observations accomplished in the municipal districts of Ilópolis(RS) and Catanduvas (SC). The eight year old sampled crops were homogeneous, spacing of 1.5m x 2.0m and area of 15 and 20ha, respectively. It was accomplished six days of observations in Ilópolis (RS), in February, 2001, and three days in Catanduvas (SC) in March, 2001, made in hour by hour, along the day. The observed environmental factors were: temperature (°C), air relative humidity (%), wind speed (m/s) and light intensity (Klux), through a thermohigraph and digital anemometer, and a luximeter. With relationship to the behavioral aspects, they were observed: mating (C), oviposition (P), feeding act (A), male keeping the female (MGF), alone insect (PS) and insect in movement (EM). The results were interpreted through the pathy analysis, where the air relative humidity, followed by the speed of the wind speed, light intensity and temperature, in decreasing order, they interacted with the several behavior aspects of *Hedypathes betulinus*.

Key words: *Ilex paraguariensis*, stem borer of erva-mate, pathy analysis.

INTRODUÇÃO

A erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae), apresenta sua distribuição natural no Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai, Colômbia, Bolívia, Peru e Equador. No Brasil, é cultivada no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul (Reitz *et al.*, 1988).

Espécies evoluídas, como as umbrófilas, ficam sujeitas a estresses fisiológicos em locais abertos que

1. Parte da dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP: 97105-900, Santa Maria (RS).
2. Engenheira Florestal, Doutoranda em Entomologia, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba (SP).
3. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maira (RS). adlucio@ccr.ufsm.br
4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maira (RS). Bolsista do CNPq.

Recebido para publicação em 25/03/2002 e aceito em 10/07/2002.

as predisõem ao surgimento de pragas e doenças (Carpanezzi, 1995), enquanto a formação de povoamentos puros é apontada por Iede (1985), Iede e Machado (1989), Cassanello (1993), Penteadado (1995), Trujillo (1995) e Diaz (1997) como causa da proliferação de pragas, incluindo-se entre estas a broca da erva-mate, *Hedypathes betulinus*, que é considerada a espécie-praga de maior importância econômica desta cultura (Soares *et al.*, 2000).

Quanto às características de *Hedypathes betulinus*, segundo Pedrosa-Macedo (1993), apresenta o adulto medindo aproximadamente 25mm de comprimento e é de coloração branca, com desenhos escuros no protórax e nos élitros. As antenas são longas e finas, com manchas brancas e escuras alternadas. As larvas são ápodas e brancas e constroem galerias ascendentes e descendentes que impedem a circulação normal da seiva, resultando no empobrecimento das erveiras.

Foi constatado por Penteadado (1995) que o período de ocorrência de adultos é a partir de setembro, com pico populacional no mês de dezembro, tendendo a desaparecer no mês de março.

Em razão dos hábitos deste inseto, as medidas de controle são difíceis. O mais indicado é a coleta manual dos adultos segundo Soares e Iede (1997), pois, apesar do método parecer primitivo, em áreas onde ele é empregado, os danos provocados pela praga são considerados suportáveis. A utilização do controle químico não é indicada, especialmente por não existirem produtos avaliados e registrados para *Hedypathes betulinus*, não se conhecendo a eficiência destes, nem a possibilidade de deixar ou não resíduos, podendo acarretar riscos de intoxicação aos consumidores (Penteadado *et al.*, 2000).

Alguns parasitóides, predadores e fungos entomopatogênicos estão sendo estudados e avaliados como, por exemplo, o parasitóide de ovos *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: Eurytomidae) (Penteadado, 1995), os predadores de adultos e larvas *Thynacantha* sp. (Heteroptera: Pentatomidae) e *Podisus* sp. (Heteroptera: Pentatomidae) (Diaz, 1997) e os fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Soares *et al.*, 1995 e Soares e Iede, 1997).

Entre os fatores ambientais, a temperatura é um dos principais fatores ecológicos e influi tanto direta como indiretamente nos insetos. Diretamente, afeta seu desenvolvimento e seu comportamento e, indiretamente, afeta sua alimentação. A temperatura é um fator regulador das atividades dos insetos e é considerada ótima ao redor de 25°C, que correspondendo ao ponto de desenvolvimento mais rápido e maior número de descendentes (Silveira Neto *et al.*, 1976). Segundo pesquisa realizada por Fennah (1978) apud Pizzamiglio (1991), em condições de alta umidade, o inseto tanto se alimentava do lado inferior como do lado superior da folha, constatando que o comportamento do inseto é dirigido sobretudo para evitar exposição ao calor e a baixas umidades relativas do ar. O vento exerce influência na disseminação de insetos, arrastando não só os ovos, como também larvas e adultos de muitas espécies a grandes distâncias. A intensidade luminosa é usualmente o fator que afeta o tempo de vôo, enquanto a temperatura influi na amplitude de vôo (Lewis e Taylor, 1968 apud Silveira Neto *et al.*, 1976).

Para se ter conhecimento sobre a relação entre variáveis, a análise de correlação linear é a mais recomendada, sendo o coeficiente de correlação de Pearson de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores, mas não dá a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes sobre a dependente, ou seja, existindo uma correlação entre X e Y, não se pode afirmar que Y é determinado ou causado por X, ou vice-versa, pois a correlação é apenas uma medida de associação (Costa Neto, 1977). Assim, segundo Vencovsky e Barriga (1992) e Cruz e Regazzi (1994), pode ser realizada uma análise de trilha, estudando os efeitos diretos e indiretos das variáveis utilizadas, sobre a variável dependente, por meio das estimativas e interpretações dos coeficientes de trilha. Esse coeficiente é definido como a relação entre o desvio-padrão do efeito, em razão de uma dada causa, e o desvio-padrão total do efeito, medindo a influência direta de uma variável sobre a outra, independente das demais variáveis (efeito direto) e por meio delas (efeito indireto).

Em razão da importância dos fatores ambientais sobre o comportamento de *Hedypathes betulinus*, o objetivo do trabalho foi verificar a relação existente entre as variáveis ambientais e o comportamento do principal inseto-praga da cultura da erva-mate, em dois municípios diferentes.

MATERIAL E MÉTODO

A primeira etapa desta pesquisa foi realizada no município de Ilópolis, Rio Grande do Sul (latitude sul 28° 47' e longitude leste 52° 08') no período de 31 de janeiro a 6 de fevereiro de 2001, a segunda em Catanduvas, Santa Catarina (latitude sul 27° 04' e longitude leste 51° 40') no período de 7 a 10 de março de 2001, em povoamentos homogêneos de erva-mate, com oito anos de idade e espaçamento de 1,5 x 2,0 m.

Na primeira fase, foram utilizadas, nas observações, três plantas de erva-mate em Ilópolis/RS, com as características de 2,20 m de altura, 12,3 cm de diâmetro da base do tronco e 1,6 m de diâmetro de copa. Na segunda fase do trabalho, no município de Catanduvas/SC, foram utilizadas três plantas de erva-mate com aproximadamente 1,90 m de altura, 9,0 cm de diâmetro da base do tronco e 1,2 m de diâmetro de copa. Foram colocados um macho e uma fêmea de *Hedypathes betulinus* em cada planta.

As coletas dos adultos de *Hedypathes betulinus* foram realizadas nas áreas onde foi executada a pesquisa. Após a captura e determinação do sexo, por meio dos parâmetros descritos por Cassanello (1993), os adultos foram marcados na parte central do terço mediano dos élitros com esmalte colorido.

Os fatores ambientais avaliados durante o estudo foram verificados e anotados de hora em hora durante todo o período de observações. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas por meio de um termohigrógrafo digital, sendo em graus centígrado (°C) e percentual (%), as unidades respectivas. A velocidade do vento foi obtida mediante um anemômetro digital e a unidade utilizada foi metros/segundo (m/s). As observações foram realizadas no erval, entre duas linhas, a uma altura aproximadamente de 2 m, que corresponde a uma pessoa de 1,65 m com o braço estendido. A intensidade luminosa foi captada por meio de um luxímetro, utilizando-se a unidade Klux. Essa variável foi observada no erval, entre duas plantas, em três alturas diferentes: 0,60 m, 1,20 m e 1,80 m de altura do solo.

As informações pertinentes ao comportamento da broca da erva-mate foram obtidas mediante observações a campo. Ao longo do período experimental, acompanhou-se o comportamento de cada inseto de hora em hora, anotando-se as informações em tabelas individuais para cada exemplar. Os comportamentos observados foram: cópula (C), postura (P), alimentação (A), macho guardando fêmea (MGF), inseto parado sozinho (PS) e inseto em movimento (EM).

Somente foi considerada cópula quando, além do macho estar sobre a fêmea, notou-se a presença da genitália do macho inserida na da fêmea. Se, no momento da observação a fêmea estava iniciando ou finalizando os procedimentos da postura, essa foi considerada postura válida, independente da etapa. A alimentação foi computada quando o inseto estava roendo a casca dos ramos ou o pecíolo das folhas. O comportamento MGF foi observado com muita frequência nos intervalos ou após as cópulas, quando o macho se encontrava montado, parado ou em movimento, sobre a fêmea sem, contudo, estar com a genitália inserida nela. Quando o inseto se encontrava totalmente imóvel e sozinho sobre qualquer parte da planta, foi considerado o comportamento PS. Já para EM foi quando o inseto se deslocava de um ponto a outro qualquer na planta, no momento da observação.

Foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis e, após, os coeficientes de correlação de Pearson foram desdobrados em efeito direto e indireto, mostrando algumas relações de interesse, levando-se em conta alguns pontos essenciais da relação entre o coeficiente de correlação de Pearson, do fator causal e o caráter final, e o seu efeito direto. Quando estes forem iguais ou semelhantes, em magnitude e sinal, tal correlação direta explica a verdadeira associação existente. Se o coeficiente de correlação de Pearson for positivo, mas o efeito direto for negativo ou desprezível, a correlação será causada pelos efeitos indiretos, sendo estes considerados na análise. Com o coeficiente de correlação de Pearson desprezível e o efeito direto apresentando-se positivo e alto, os efeitos indiretos é que são responsáveis pela falta de correlação, merecendo a mesma atenção na análise. Finalmente, com a correlação de Pearson negativa e efeito direto positivo e alto, deve-se eliminar os efeitos indiretos da análise e aproveitar somente os diretos (Vencovsky e Barriga, 1992). As análises de correlação de Pearson e de trilha foram realizadas utilizando o software Genes (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se que o processo de cópula sofreu influência direta da variável MGF, nos dois locais observados, sendo que, em Ilópolis/RS, também teve influência direta da variável PS.

A temperatura e o ato da alimentação, embora tenham um valor considerável em função especialmente do efeito indireto do comportamento MGF, não obtiveram correlação significativa com o processo de cópula em Ilópolis/RS.

TABELA 1: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável "Cópula" (C), observados em Ilópolis/RS e Catanduvas/SC.

TABLE 1: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* on the variable mating (C), observed in Ilópolis/RS and Catanduvas/SC.

Ilópolis/RS									
Efeito	T	UR	VV	IL	P	A	MGF	PS	EM
Direto	0,040	-0,072	-0,039	-0,178	0,046	-0,104	-1,080	-0,784	-0,132
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,006	0,003	0,007	-0,000	0,002	-0,005	-0,001	0,002
UR	0,011	-	0,031	0,052	0,002	0,019	-0,029	0,026	0,025
VV	-0,003	0,017	-	-0,013	-0,002	-0,004	0,014	-0,009	-0,013
IL	-0,029	0,129	-0,061	-	-0,019	-0,040	0,072	-0,055	-0,057
P	-0,000	-0,001	0,002	0,005	-	-0,001	-0,000	-0,001	-0,001
A	-0,005	0,028	-0,011	-0,023	0,003	-	0,019	-0,024	-0,018
MGF	0,123	-0,0430	0,387	0,437	0,003	0,194	-	0,551	0,284
OS	0,023	0,284	-0,171	-0,242	0,023	-0,180	0,400	-	-0,120
EM	-0,006	0,045	-0,043	-0,042	0,004	-0,023	0,035	-0,020	-
Pearson	0,155	-0,007	0,099	0,001	0,000	-0,137	-0,574*	-0,317*	-0,030
Catanduvas/SC									
Efeito	T	UR	VV	IL	P	A	MGF	PS	EM
Direto	0,069	-0,017	0,074	-0,031	-0,097	-0,247	-0,993	-1,111	-0,252
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,061	0,046	0,048	0,020	0,024	-0,001	-0,009	0,015
UR	0,015	-	0,011	0,013	0,004	0,006	-0,003	0,001	0,003
VV	0,049	-0,046	-	0,043	0,004	0,022	-0,003	-0,001	0,004
IL	-0,022	0,024	-0,018	-	-0,000	-0,005	0,005	-0,001	-0,005
P	-0,028	0,025	-0,005	-0,001	-	-0,035	0,022	-0,007	-0,032
A	-0,084	0,086	-0,072	-0,041	-0,090	-	0,024	0,013	-0,063
MGF	0,011	-0,156	0,046	0,175	0,231	0,096	-	0,652	0,000
OS	0,139	0,083	0,020	-0,037	-0,083	0,057	0,730	-	0,212
EM	-0,055	0,042	-0,012	-0,037	-0,083	-0,064	0,000	0,048	-
Pearson	0,093	-0,019	0,089	0,133	-0,093	-0,147	-0,218	-0,415*	-0,118

Em que: T = temperatura (°C), UR = umidade relativa do ar (%), VV = velocidade do vento (m/s), IL = intensidade luminosa (Klux), P = postura, A = alimentação, MGF = macho guardando fêmea, OS = parado sozinho e EM = em movimento; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A variável intensidade luminosa não exerceu nenhum tipo de influência sobre esse comportamento em Catanduvas/SC, mesmo com um valor representativo, em razão do efeito indireto de MGF. As variáveis MGF e EM também obtiveram valores dentro do normal, mas não foram significativos, por causa do efeito indireto do parâmetro PS.

O procedimento de cópula não apresentou dependência a nenhum fator ambiental estudado para sua ocorrência, ou seja, independe deles para acontecer.

O processo de postura em Catanduvas/SC sofreu influência direta das variáveis temperatura, umidade relativa do ar, alimentação, macho guardando fêmea (MGF) e em movimento (EM) como pode ser visualizado na Tabela 2.

A temperatura média do período experimental em Catanduvas/SC foi de 21,7°C e a umidade relativa do ar foi de 88,4%, demonstrando tais situações favoráveis ao acontecimento desse evento. O ambiente propício para a ocorrência de postura dá-se pela combinação de temperaturas mais altas com umidades relativa do ar menores.

TABELA 2: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável "Postura" (P), observados em Catanduvas/SC.

TABLE 2: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* on the variable oviposition (P), observed in Catanduvas/SC.

Efeito	T	UR	VV	IL	C	A	MGF	PS	EM
Direto	0,515	-0,098	-0,149	-0,432	-0,247	0,131	-0,501	-0,251	0,159
	Efeito Indireto Via								
T	-	-0,455	0,341	0,360	0,048	0,176	-0,006	-0,065	0,113
UR	0,087	-	0,061	0,074	0,002	0,034	-0,015	0,007	0,016
VV	-0,099	0,093	-	-0,087	-0,013	-0,043	0,007	0,003	-0,007
IL	-0,302	0,326	-0,253	-	-0,057	-0,071	0,076	-0,014	-0,063
C	-0,023	0,005	-0,022	-0,033	-	0,036	0,054	0,102	0,029
A	0,045	-0,046	0,038	0,022	-0,019	-	-0,013	-0,007	0,033
MGF	0,006	-0,079	0,023	0,088	0,109	0,048	-	0,329	0,000
PS	0,031	0,018	0,004	-0,008	0,104	0,013	0,165	-	0,048
EM	0,035	-0,027	0,008	0,023	-0,019	0,040	0,000	-0,030	-
Pearson	0,295*	-0,262*	0,052	0,006	-0,093	0,366*	-0,23*	0,075	0,328*

Em que: T= temperatura (°C), UR= umidade relativa do ar (%), VV= velocidade do vento (m/s), IL= intensidade luminosa (Klux), C= cópula, A= alimentação, MGF= macho guardando fêmea, PS= parado sozinho e EM= em movimento; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O ato da alimentação em Ilópolis/RS, sofreu influência direta das variáveis umidade relativa do ar e MGF (Tabela 3). A umidade relativa média do ar no período experimental foi de 89,0%, demonstrando que esse valor favorece o ato alimentar. No entanto, as variáveis: intensidade luminosa, PS e EM exerceram, cada uma, influência indireta sobre a alimentação. As variáveis velocidade do vento e cópula apresentaram valores relativamente altos, mas não foram significativos, em função do efeito indireto do parâmetro PS.

Em Catanduvas/SC, a variável alimentação sofreu influência direta da umidade relativa (88,4%) e também da velocidade do vento e postura; e indireta da temperatura e do comportamento inseto em movimento (EM). A velocidade do vento em Catanduvas/SC foi menor do que em Ilópolis/RS, 0,3 e 0,4 m/s respectivamente, demonstrando que uma menor velocidade do vento favorece o ato alimentar, mostrando que *Hedypathes betulinus* apresentou uma maior tendência à alimentação nos períodos em que diminui a umidade relativa do ar e aumenta a velocidade do vento.

Na Tabela 4, estão relacionados os resultados quanto ao comportamento macho guardando fêmea. Para a ocorrência desse cenário, em Ilópolis/RS, as variáveis: velocidade do vento, intensidade luminosa, cópula, alimentação, inseto parado sozinho e inseto em movimento exerceram influência direta; e a umidade relativa do ar influenciou de forma indireta, pois teve a participação do parâmetro parado sozinho. As médias da velocidade do vento e intensidade luminosa foram de 0,4m/s e 5,4 klux respectivamente. Apesar da temperatura apresentar um valor consideravelmente alto, este não foi significativo em função do efeito indireto da cópula.

No município de Catanduvas/SC, esse processo sofreu influência direta do ato de postura e inseto parado sozinho. Embora a variável cópula tenha apresentado um valor relativamente alto, não foi significativo por causa da influência indireta da variável inseto parado sozinho. Esse comportamento

acontece em maior número nas condições de menor velocidade do vento e intensidade luminosa.

Conforme explicita a Tabela 5, a variável inseto parado sozinho (PS), em Ilópolis/RS, sofreu influência direta da umidade relativa do ar, cópula, alimentação e MGF, e indireta da velocidade do vento e intensidade luminosa. Em razão disso, a umidade relativa do ar de 89,0%, velocidade do vento de 0,4 m/s e a intensidade luminosa de 5,4 Klux, que são os valores médios do período experimental, são as condições mais favoráveis para o acontecimento desse comportamento. A variável EM, apesar de ter apresentado um valor alto, não foi significativo, em função do efeito indireto do procedimento MGF.

Em Catanduvas/SC, contudo, o processo PS sofreu influência direta apenas da variável cópula e MGF. A temperatura, apesar de apresentar um valor relativamente alto, não foi significativo por ter uma alta influência indireta da umidade relativa do ar. Independente do local observado, verificou-se que, quando a umidade relativa do ar diminui, há uma maior propensão ao aumento desse comportamento.

TABELA 3: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável “Alimentação” (A), observados em Ilópolis/RS e Catanduvas/SC.

TABLE 3: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* about the variable feeding act (A), observed in Ilópolis/RS and Catanduvas/SC.

Ilópolis/RS									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	MGF	PS	EM
Direto	0,049	-0,211	-0,074	-0,108	-0,795	0,007	-0,872	-0,490	-0,022
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,008	0,004	0,008	0,007	0,000	-0,006	-0,001	0,002
UR	0,033	-	0,090	0,153	0,001	0,006	-0,084	0,076	0,073
VV	-0,006	0,032	-	-0,025	-0,007	-0,004	0,027	-0,016	-0,024
IL	-0,018	0,078	-0,037	-	-0,000	-0,011	0,044	-0,033	-0,035
C	-0,123	0,005	-0,079	-0,001	-	-0,048	0,456	0,252	0,024
P	-0,000	-0,000	0,000	0,001	0,000	-	-0,000	-0,000	-0,000
MGF	0,010	-0,347	0,312	0,353	0,500	0,002	-	0,445	0,229
PS	0,014	0,177	-0,107	-0,151	0,155	0,014	0,250	-	-0,074
EM	-0,001	0,008	-0,007	-0,007	0,001	0,001	0,006	-0,003	-
Pearson	0,048	-0,266*	0,103	0,222*	-0,137	0,000	-0,180*	0,230*	0,172*
Catanduvas/SC									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	MGF	PS	EM
Direto	-0,045	-0,321	0,240	-0,195	0,641	0,133	-0,726	-0,833	-0,050
Efeito Indireto Via									
T	-	0,040	-0,030	-0,032	-0,004	-0,013	0,000	0,006	-0,010
UR	0,284	-	0,199	0,242	0,006	0,084	-0,050	0,024	0,054
VV	0,159	-0,149	-	0,141	0,021	0,012	-0,011	-0,004	0,012
IL	-0,136	0,147	-0,114	-	-0,026	-0,001	0,034	-0,006	-0,028
C	-0,060	0,012	-0,057	-0,085	-	0,060	0,139	0,266	0,075
P	0,039	-0,035	0,007	0,001	-0,012	-	-0,031	0,010	0,044
MGF	0,008	-0,114	0,034	0,128	0,158	0,169	-	0,477	0,000
PS	0,104	0,062	0,015	-0,028	0,345	-0,062	0,547	-	0,159
EM	-0,011	0,008	-0,002	-0,007	0,006	-0,016	0,000	0,010	-
Pearson	0,343*	-0,350*	0,292*	0,164	-0,147	0,366*	-0,097	-0,0516	0,255*

Em que: T = temperatura (°C), UR = umidade relativa do ar (%), VV = velocidade do vento (m/s), IL = intensidade luminosa (Klux), C = cópula, P = postura, MGF = macho guardando fêmea, OS = parado sozinho e EM = em movimento; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para a movimentação do inseto, em Ilópolis/RS (Tabela 6), os parâmetros umidade relativa do ar, velocidade do vento e MGF exerceram influência direta, e intensidade luminosa e alimentação, influência de efeito indireto. A variável PS não foi significativa, embora tenha apresentado um valor considerado representativo, em razão da influência indireta do ato MGF. A umidade relativa do ar e a velocidade média do vento, no período experimental, foi de 89,0% e 0,4 m/s respectivamente, demonstrando serem tais valores favoráveis ao acontecimento desse comportamento.

Entretanto, para Catanduvas/SC, o processo inseto em movimento (EM) sofreu influência direta apenas da postura, e indireta da alimentação. A temperatura não apresentou correlação significativa com esse comportamento, apesar do seu valor, em razão ao efeito indireto da intensidade luminosa e OS. A umidade relativa do ar foi em função da temperatura, intensidade luminosa e MGF. Para a intensidade luminosa, foi em função de MGF; e a cópula por causa tanto do MGF além da variável PS; e o comportamento inseto parado sozinho, em função, do efeito indireto da cópula e macho guardando fêmea.

TABELA 4: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável “Macho Guardando Fêmea” (MGF), observados em Ilópolis/RS e Catanduvas/SC.

TABLE 4: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* on the variable male keeping the female (MGF), observed in Ilópolis/RS and Catanduvas/SC.

Ilópolis/RS									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	PS	EM
Direto	0,022	-0,057	-0,054	-0,166	-0,806	0,038	-0,085	-0,684	-0,116
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,004	0,002	0,004	0,003	-0,000	0,001	-0,001	0,001
UR	0,009	-	0,024	0,041	0,000	0,002	0,015	0,021	0,020
VV	-0,005	0,023	-	-0,018	-0,005	-0,003	-0,006	-0,012	-0,018
IL	-0,027	0,120	-0,057	-	-0,000	-0,017	-0,037	-0,051	-0,053
C	-0,125	0,005	-0,080	-0,011	-	-0,049	0,110	0,255	0,024
P	-0,000	-0,001	0,002	0,004	0,002	-	-0,001	-0,001	-0,001
A	-0,004	0,023	-0,090	-0,019	0,012	0,003	-	-0,020	-0,015
PS	0,020	0,248	-0,149	-0,211	0,217	0,020	-0,157	-	-0,104
EM	-0,005	0,040	-0,038	-0,037	0,003	0,003	-0,020	-0,018	-
Pearson	-0,114	0,398*	-0,360*	-0,404*	-0,574*	0,000	-0,180*	-0,510*	-0,263*
Catanduvas/SC									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	PS	EM
Direto	0,096	-0,028	0,054	-0,116	-0,675	-0,133	-0,190	-0,956	-0,181
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,085	0,064	0,067	0,009	0,028	0,033	-0,012	0,021
UR	0,025	-	0,017	0,021	0,000	0,007	0,010	0,002	0,005
VV	0,036	-0,034	-	0,032	0,005	0,003	0,016	-0,001	0,003
IL	-0,081	0,088	-0,068	-	-0,015	-0,001	-0,019	-0,004	-0,017
C	-0,063	0,013	-0,060	-0,089	-	0,063	0,099	0,280	0,079
P	-0,039	0,035	-0,007	-0,001	0,012	-	-0,049	-0,010	-0,044
A	-0,065	0,066	-0,055	-0,031	0,028	-0,069	-	0,010	-0,048
PS	0,120	0,072	0,017	-0,032	0,397	-0,071	0,049	-	0,182
EM	-0,040	0,030	-0,009	-0,026	0,021	-0,059	-0,046	0,035	-
Pearson	-0,011	0,157	-0,047	-0,176	-0,218	-0,233*	-0,097	-0,657*	0,000

Em que: T = temperatura (°C), UR = umidade relativa do ar (%), VV = velocidade do vento (m/s), IL = intensidade luminosa (Klux), C = cópula, P = postura, A = alimentação, OS = parado sozinho e EM= em movimento; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Em função dos resultados, observou-se que para uma maior movimentação do inseto é necessário que a umidade relativa do ar diminua e que a velocidade do vento aumente.

Como pode ser observado nas Tabelas de 1 a 6, a temperatura exerceu influência direta no procedimento de postura e indireta no ato alimentar, sobretudo pela influência da umidade relativa do ar, velocidade do vento, intensidade luminosa e inseto parado sozinho.

A influência direta da umidade relativa do ar ocorreu nas variáveis: postura, alimentação, inseto parado sozinho e inseto em movimento, e indireta no comportamento macho guardando fêmea, por meio da influência da intensidade luminosa e inseto parado sozinho.

TABELA 5: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável inseto “Parado Sozinho” (PS), observados em Ilópolis/RS e Catanduvas/SC.

TABLE 5: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* on the variable alone insect (PS), observed in Ilópolis/RS and Catanduvas/SC.

Ilópolis/RS									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	MGF	EM
Direto	0,017	-0,112	-0,042	-0,179	-1,014	0,039	-0,083	-1,185	-0,142
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,003	0,001	0,003	0,003	-0,000	0,001	-0,002	0,001
UR	0,018	-	0,048	0,081	0,001	0,003	0,030	-0,045	0,039
VV	-0,004	0,018	-	-0,014	-0,004	-0,002	-0,004	0,015	-0,013
IL	-0,029	0,130	-0,061	-	-0,000	-0,019	-0,040	0,072	-0,058
C	-0,157	0,007	-0,100	-0,001	-	-0,061	0,139	0,582	0,030
P	-0,000	-0,001	0,002	0,004	0,002	-	-0,001	-0,000	-0,001
A	-0,004	0,022	-0,009	-0,018	0,011	0,003	-	0,015	-0,014
MGF	0,135	-0,472	0,425	0,479	0,680	0,003	0,213	-	0,311
EM	-0,006	0,049	-0,046	-0,046	0,004	0,004	-0,024	0,037	-
Pearson	-0,029	-0,362*	0,218*	0,309*	-0,317*	0,000	0,230*	-0,510*	0,152
Catanduvas/SC									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	MGF	EM
Direto	-0,096	-0,159	0,064	-0,055	-0,639	-0,057	-0,184	-0,810	-0,201
Efeito Indireto Via									
T	-	0,085	-0,063	-0,067	-0,009	0,042	-0,033	0,001	-0,021
UR	0,141	-	0,099	0,120	0,003	0,003	0,056	-0,025	0,027
VV	0,043	-0,040	-	0,038	0,006	-0,000	0,019	-0,003	0,003
IL	-0,039	0,042	-0,032	-	-0,007	0,059	-0,009	0,010	-0,008
C	-0,059	0,012	-0,057	-0,085	-	-	0,094	0,139	0,075
P	-0,017	0,015	-0,003	-0,000	0,005	-0,067	-0,021	0,013	-0,019
A	-0,063	0,064	-0,054	-0,030	0,027	0,189	-	0,018	-0,047
MGF	0,009	-0,127	0,038	0,143	0,176	-0,066	0,078	-	0,000
EM	-0,044	0,034	-0,010	-0,029	0,024	0,075	-0,051	0,000	-
Pearson	-0,125	-0,075	-0,018	0,033	-0,415*	0,075	-0,052	-0,657*	-0,191

Em que: T = temperatura (°C), UR = umidade relativa do ar (%), VV = velocidade do vento (m/s), IL = intensidade luminosa (Klux), C = cópula, P= postura, A = alimentação, MGF = macho guardando fêmea e EM = em movimento; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade do erro.

As variáveis macho guardando fêmea, inseto em movimento e alimentação apresentaram influência direta; e inseto parado sozinho, indireta da velocidade do vento, em razão do efeito do comportamento macho guardando fêmea. No entanto, a intensidade luminosa teve participação direta no comportamento macho guardando fêmea e indireta no ato alimentar e na variável inseto em movimento, especialmente em

função da influência dos aspectos comportamentais: umidade relativa do ar, macho guardando fêmea e inseto parado sozinho.

TABELA 6: Coeficientes de correlação de Pearson, efeitos direto e indireto das variáveis comportamentais de *Hedypathes betulinus* sobre a variável inseto “Em Movimento” (EM), observados em Ilópolis/RS e Catanduvas/SC.

TABLE 6: Coefficients of Pearson correlation, direct and indirect effects of the behavioral aspects of *Hedypathes betulinus* on the variable insect in movement (EM), observed in Ilópolis/RS and Catanduvas/SC.

Ilópolis/RS									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	MGF	PS
Direto	0,007	-0,184	0,138	-0,048	-0,879	-0,008	-0,019	-1,043	-0,736
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,001	0,001	0,001	0,001	-0,000	0,000	-0,001	-0,000
UR	0,029	-	0,079	0,133	0,001	0,006	0,049	-0,073	0,067
VV	0,012	-0,059	-	0,047	0,014	0,007	0,014	-0,049	0,030
IL	-0,008	0,035	-0,016	-	-0,000	-0,005	-0,011	0,019	-0,015
C	-0,136	0,006	-0,087	-0,001	-	-0,053	0,120	0,504	0,279
P	0,000	0,000	-0,000	-0,001	-0,000	-	0,000	0,000	0,000
A	-0,001	0,005	-0,002	-0,004	0,003	0,001	-	0,003	-0,004
MGF	0,119	-0,415	0,374	0,422	0,598	0,003	0,188	-	0,532
PS	0,022	0,267	-0,161	-0,227	0,233	0,022	-0,169	0,376	-
Pearson	0,043	-0,346*	0,324*	0,321*	-0,030	0,000	0,172*	-0,263*	0,152
Catanduvas/SC									
Efeito	T	UR	VV	IL	C	P	A	MGF	PS
Direto	0,117	0,075	-0,057	0,157	-0,694	0,171	-0,053	-0,734	-0,963
Efeito Indireto Via									
T	-	-0,104	0,078	0,082	0,011	0,035	0,040	-0,001	-0,015
UR	-0,066	-	-0,047	-0,056	-0,001	-0,020	-0,026	0,012	-0,006
VV	-0,038	0,036	-	-0,034	-0,005	-0,003	-0,017	0,003	0,001
IL	0,109	-0,118	0,092	-	0,021	0,001	0,026	-0,028	0,005
C	-0,065	0,013	-0,061	-0,092	-	0,064	0,102	0,151	0,288
P	0,050	-0,045	0,009	0,001	-0,016	-	0,062	-0,040	0,013
A	-0,018	0,019	-0,016	-0,009	0,008	-0,019	-	0,005	0,003
MGF	0,008	-0,115	0,034	0,129	0,160	0,171	0,071	-	0,483
PS	0,121	0,072	0,017	-0,032	0,399	-0,072	0,050	0,633	-
Pearson	0,219	-0,167	0,049	0,146	-0,118	0,328*	0,255*	0,000	-0,191

Em que: T = temperatura (°C), UR = umidade relativa do ar (%), VV = velocidade do vento (m/s), IL = intensidade luminosa (Klux), C = cópula, P = postura, A = alimentação, MGF = macho guardando fêmea e OS = parado sozinho; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÃO

A análise de trilha foi um método de análise estatística útil para verificar relações mais específicas entre variáveis ambientais e comportamentais do inseto.

Neste estudo ficou evidenciado, pela análise de trilha, que a umidade relativa do ar foi o que apresentou maior relação com os diferentes aspectos comportamentais de *Hedypathes betulinus*, tendo, na seqüência, a velocidade do vento, a intensidade luminosa e a temperatura.

Para a ocorrência dos comportamentos observados neste trabalho, constatou-se que a maioria deles apresenta uma combinação de alguns fatores ambientais. O comportamento cópula é o único que foi independente das condições ambientais para ocorrer, já a postura necessitou de temperaturas maiores e umidades relativa do ar menores, o processo de alimentação dependeu somente da diminuição da umidade

relativa do ar, para macho guardando fêmea foi necessário a redução da velocidade do vento e da intensidade luminosa, parado sozinho também dependeu somente da redução da umidade relativa do ar e para o comportamento inseto em movimento a redução da umidade relativa do ar e o aumento da velocidade do vento foi o ambiente necessário para sua ocorrência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARPANEZZI, A.A. Cultura da erva-mate no Brasil: conflitos e lacunas. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E. de A. *et al.* **Erva-mate: biologia e cultivo no cone-sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 43-46.
- CASSANELLO, A.M.L. **Ciclo de vida e aspectos morfológicos de *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae), broca-da-erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 1993. 59p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- COSTA NETO, P.L.O. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES, versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- DIAZ, C.Y.F. Perpectivas del manejo integrado de plagas en yerba mate. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1997, Curitiba. **Anais ...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 371-390.
- IEDE, E.T. Considerações sobre a entomofauna da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS-SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 1983, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, EMBRAPA, 1985. p. 11-118.
- IEDE, E.T.; MACHADO, D. Pragas da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e seu controle. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 18/19, p. 51-60, 1989.
- PIZZAMIGLIO, M.A. Ecologia das interações inseto/planta. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**, São Paulo: Manole, 1991. cap. 4, p. 101-129.
- PEDROSA-MACEDO, J.H. **Manual de pragas em florestas: pragas florestais do sul do Brasil**. Viçosa: IPEF/SIF, 1993. 110p.
- PENTEADO, S.R.C. Principais pragas da erva-mate e medidas alternativas para o seu controle. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E. de A. *et al.* **Erva mate: biologia e cultivo no cone-sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 109-120.
- PENTEADO, S.R.C.; IEDE, E.T.; LEITE, M.S.P. Pragas da erva-mate: perspectivas de controle. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2.; E REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3., 2000, Encantado. **Anais ...** Porto Alegre: Edição dos Organizadores, 2000. p. 27-38.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 1988. 525p.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; *et al.* **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419p.
- SOARES, C.M.S.; SANTOS, H.O.; IEDE, E.T. Avaliação do parasitismo natural de *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: eurytomidae) em ovos de *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera: cerambycidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambú-MG. **Anais...** Caxambú, 1995. p. 131.
- SOARES, C.M.S.; IEDE, E.T. Perspectivas para o controle da broca da erva-mate, *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Col.: Cerambycidae). In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2., E REUNIÃO TÉCNICA DO CONE-SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1997, Curitiba. **Anais ...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 391-400.
- SOARES, C.M.S.; IEDE, E.T.; SANTOS, H.R.; *et al.* Flutuação populacional de adultos em *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Coleoptera: cerambycidae) em um erval estreme. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 2., E REUNIÃO TÉCNICA DA ERVA-MATE, 3., 2000, Encantado. **Anais ...** Porto Alegre: Edição dos Organizadores, 2000. p. 325-326.
- TRUJILLO, M.R. Agroecosistema yerbatero de alta densidad: plagas y enemigos naturales. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E. de A.; *et al.* **Erva mate: biologia e cultivo no cone-sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 129-134.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, 1992. 496p.