

Estrutura multidimensional dos Meliponídeos (1)

José Furtado Pisani (2)
Warwick Estevam Kerr (3)
Rubens A. Cunha (2)

Resumo

Estudou-se 12 variáveis de 21 espécies de Meliponídeos. Como medida de semelhança morfológica estimou-se a distância generalizada de Mahalanobis. Quatro figuras representam as distâncias estimadas. Conclui-se que, das espécies estudadas, *Melipona rufiventris*, *M. seminigra* e *M. scutellaris* são próximas e formam um aglomerado. O trigoníneo mais próximo do gênero *Melipona* é a *Meliponula bocandei* e o grupo das *Partamona*. Por sua vez, as Meliponas mais próximas das *Trigona* são as *M. marginata*, *M. schwarzi*, *M. favosa* e *M. mandaçaia*. As *Hypotrigona* africanas são próximas de *Plebeia*.

INTRODUÇÃO

O problema geral examinado neste trabalho é o de organizar um número finito de objetos em agrupamentos coerentes, tendo como núcleo de informação, para isso, um certo número de características mensuráveis em cada objeto — as variáveis taxonômicas. Tem-se 21 espécies de abelhas, todas pertencentes a uma mesma família. Com base na informação que se possa obter por meio de $p=12$ mensurações feitas em $n=15$ exemplares por espécie, deseja-se agrupá-las hierarquicamente.

É, ainda, parte do problema, obter alguma medida da coerência dos agrupamentos propostos. A solução alcançada envolve a definição de uma função avaliadora da quantidade de semelhança existente entre espécies e sua utilização para obter uma partição de algum modo ótima de conjunto de espécies examinado.

LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DESCRITIVO DAS INFORMAÇÕES

DEFINIÇÃO E ESCOLHA DAS VARIÁVEIS

A escolha das variáveis taxonômicas incluídas no estudo obedece a alguns critérios sucessivos:

— procurou-se usar as variáveis que em estudos anteriores apresentaram maiores coeficientes de variação interespecífica, por acreditar-se que, em geral, seriam também as que reuniriam mais poder discriminatório;

— dentre essas, as mais fidedignas e fáceis de medir foram preferidas;

— como último critério, procurou-se definir variáveis que caracterizassem setores importantes da morfologia da abelha.

As seguintes $p=12$ variáveis constituíram fonte de informação para a categorização obtida: 1) largura máxima, 2) comprimento da cabeça, 3) largura da cabeça, 4) comprimento do olho, 5) distância interorbital inferior, 6) comprimento do clipeo, 7) largura do clipeo, 8) largura do tórax, 9) comprimento da asa posterior, 10) largura da asa posterior, 11) comprimento do fêmur da pata posterior, 12) área da tíbia da pata posterior.

SELEÇÃO DA AMOSTRA

As 21 espécies de abelhas relacionadas abaixo foram examinadas em razão de sua dis-

(1) — Este trabalho foi amparado pelo projeto 69/555 da FAPESP a favor do autor principal (J.F.P.).

(2) — Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Rio Claro, Departamento de Genética, Rio Claro, SP.

(3) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

ponibilidade para o estudo e da possibilidade de mensuração de n=15 exemplares por espécie. Assim foram medidos nas variáveis acima relacionadas n=15 exemplares de cada uma das seguintes espécies do grupo dos meliponídeos :

Gênero *Melipona*: *M. marginata marginata* Lepeletier*, *M. schwarzi* Moure*, *M. mandacaia* Smith, *M. favosa favosa* Fabricius, *M. puncticollis* Friese*, *M. quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, *M. quinquefasciata* Lepeletier, *M. rufiventris* Lepeletier*, *M. seminigra merrillae* Cockerell*, *M. scutellaris* Latreille, *M. interrupta grandis* Guérin*, *M. flavipennis* Smith*.

Gênero *Trigona*: *T. (Hypotrigona) braunsi* Kohn, *T. (Tetragonisca) jaty* Smith*, *T. (Plebeia) droryana* Friese, *T. (Frieseomelitta) freiremaiai* Moure, *T. (Scaptotrigona) postica* Latreille, *T. (Partamona) cupira* Smith, *T. Scaptotrigona) xanthotricha* Moure, *T. (Trigona) spinipes* Fabricius*;

Gênero *Meliponula*: *Meliponula bocandei* Spinola (examinada conjuntamente no gênero

Trigona). Todas as espécies assinaladas com um asterisco (*) são encontradas na Amazônia.

PROCESSAMENTO DESCRITIVO DAS INFORMAÇÕES

Para obter-se um resumo estatístico descritivo das informações fornecidas pelas variáveis incluídas no estudo, foram calculados :

— os vetores de médias amostrais, por gênero;

— as matrizes de somas de quadrados e produtos amostrais e suas inversas, por gênero;

— as matrizes de dispersão e de correlação, por gênero.

As Tabelas de 1 a 8 mostram os resultados desses cálculos preliminares.

PROCESSAMENTO ANALÍTICO DAS INFORMAÇÕES

A medida de semelhança morfológica usada neste estudo foi a distância generalizada de

VARIÁVEIS	<i>Melipona marginata marginata</i>	<i>Melipona schwarzi</i>	<i>Melipona mandacaia</i>	<i>Melipona favosa favosa</i>	<i>Melipona puncticollis</i>	<i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i>	<i>Melipona quinquefasciata</i>	<i>Melipona rufiventris</i>	<i>Melipona seminigra merrillae</i>	<i>Melipona scutellaris</i>	<i>Melipona interrupta grandis</i>	<i>Melipona flavipennis</i>
1. Largura máxima	2,703	2,890	3,542	3,524	3,462	4,081	3,832	4,027	4,097	4,279	4,662	5,342
2. Comprimento da cabeça	2,253	2,479	2,553	2,551	2,752	2,800	2,041	3,090	3,253	3,280	3,496	3,616
3. Largura da cabeça	2,890	3,234	3,475	3,578	3,676	3,776	3,884	4,071	4,263	4,262	4,639	4,933
4. Comprimento do olho	1,942	2,176	2,071	2,172	2,464	2,254	2,407	2,526	2,633	2,661	2,928	2,900
5. Distância interorbital inferior	1,518	1,661	1,947	1,939	1,830	2,258	2,113	2,375	2,488	2,474	2,759	3,144
6. Comprimento do olho	0,864	0,939	1,061	1,056	1,036	1,273	1,134	1,267	1,382	1,331	1,363	1,522
7. Largura do clipeo	1,321	1,518	1,511	1,558	1,638	1,737	1,706	1,970	2,044	2,050	2,186	2,261
8. Largura do tórax	2,251	2,360	2,643	2,736	2,582	2,945	2,790	3,065	3,043	2,980	3,401	3,565
9. Comprimento da asa posterior	4,250	4,179	5,304	5,084	5,000	5,794	5,792	6,129	6,237	6,342	7,504	7,154
10. Largura da asa posterior	1,077	1,048	1,331	1,355	1,230	1,504	1,496	1,554	1,628	1,592	1,963	1,789
11. Comprimento do fêmur da pata posterior	1,767	2,020	2,142	2,217	2,419	2,379	2,301	2,613	2,793	2,795	2,921	3,167
12. Área da tíbia da pata posterior	1,775	2,297	2,546	2,786	2,911	2,823	3,117	4,108	4,422	4,536	5,426	6,173

TABELA 1 — Valores médios amostrais para as espécies de *Melipona* nos caracteres incluídos no estudo.

VARIÁVEIS	Trigona (Hypotrigona) braunsi	Trigona (Tetragonisca) jaty	Trigona (Piebeia) droyana	Trigona (Frieseomelitta) freiremaiai	Trigona (Scaptotrigona) postica	Trigona (Partamona) cupira	Trigona (Scaptotrigona) xanthotryche	Trigona (Trigona) spinipes	Meliponula becandei
1. Largura máxima	1,064	0,947	1,566	1,380	2,465	2,461	2,545	2,534	3,396
2. Comprimento da cabeça	0,890	1,223	1,224	1,514	1,878	1,923	1,973	1,823	2,339
3. Largura da cabeça	1,147	1,712	1,644	2,163	2,615	2,486	2,704	2,748	3,341
4. Comprimento do olho	0,800	1,133	1,110	1,377	1,492	1,591	1,529	1,616	1,947
5. Distância interorbital inferior	0,636	0,778	0,808	1,072	1,542	1,398	1,638	1,552	1,882
6. Comprimento do cípeo	0,233	0,371	0,379	0,526	0,676	0,690	0,710	0,585	0,793
7. Largura do cípeo	0,572	0,683	0,731	0,929	1,169	1,174	1,192	1,441	1,581
8. Largura do tórax	0,869	1,002	1,121	1,187	1,804	1,764	1,868	1,677	2,473
9. Comprimento da asa posterior	1,898	2,597	2,544	4,149	4,235	4,402	4,409	4,925	5,169
10. Largura da asa posterior	0,546	0,558	0,705	0,853	1,099	1,238	1,156	1,211	1,378
11. Comprimento da fêmur da pata posterior	0,703	1,125	0,955	2,002	1,433	1,643	1,509	1,924	2,077
12. Área da tíbia da pata posterior	0,319	0,809	0,571	2,322	1,418	2,305	1,596	2,242	2,851

TABELA 2 — Valores médios amostrais para as espécies de *Trigona* e *Meliponula* nos caracteres incluídos no estudo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,923289	0,437269	0,714876	0,259118	0,362677	0,165895	0,231685	0,633995	1,925313	0,047606	0,412183	0,495010
		0,466608	0,375897	0,220167	0,185295	0,109054	0,134965	0,311292	0,517128	0,075127	0,248423	0,313621
			0,698038	0,315489	0,330326	0,173204	0,152866	0,442209	0,669764	0,085608	0,318325	0,400437
				0,333571	0,159836	0,084152	0,088085	0,102081	0,225611	0,060705	0,170129	0,280285
2	0,462				0,350708	0,097729	0,088020	0,235616	0,359194	0,044134	0,160816	0,155319
3	0,617	0,659				0,118114	0,050063	0,148756	0,241234	0,028429	0,133944	0,085640
4	0,324	0,558	0,654				0,293239	0,071859	0,176946	0,054145	0,090424	0,131119
5	0,442	0,458	0,668	0,467				0,024641	0,800922	0,017366	0,223223	0,265173
6	0,348	0,464	0,603	0,424	0,480				2,166409	0,144234	0,445358	0,476943
7	0,308	0,365	0,338	0,282	0,274	0,269				0,196957	0,036880	0,086550
8	0,452	0,450	0,523	0,175	0,393	0,428	0,131				0,521039	0,227887
9	0,943	0,514	0,545	0,265	0,412	0,477	0,222	0,538				2,604541
10	0,077	0,248	0,231	0,237	0,169	0,186	0,225	0,039	0,221			
11	0,412	0,504	0,528	0,408	0,376	0,540	0,231	0,306	0,419	0,115		
12	0,221	0,284	0,297	0,301	0,162	0,154	0,150	0,162	0,201	0,121	0,196	

TABELA 3 — Matrizes de soma de quadrados e produtos "dentro" e de coeficientes de correlação (triangular inferior) para as espécies de *Melipona*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,490672	0,119743	0,174654	0,064253	0,088983	0,061392	0,054896	0,044706	0,268644	0,053475	0,107717	0,100828
		0,204256	0,130188	0,104700	0,070702	0,043119	0,012534	0,068534	0,115530	0,027956	0,072534	0,091507
			0,236184	0,125934	0,100239	0,041352	0,022853	0,078445	0,240061	0,068537	0,100262	0,137378
				0,152263	0,052873	0,030005	0,003575	0,069110	0,127793	0,035039	0,073664	0,096760
2	0,378				0,095654	0,022858	0,009830	0,066758	0,129038	0,010933	0,033571	0,089143
3	0,513	0,593				0,067997	0,005488	0,029829	0,065738	0,006867	0,015543	0,045885
4	0,308	0,594	0,664				0,098083	-0,019175	-0,005881	0,014234	0,013279	0,007063
5	0,411	0,506	0,667	0,438				0,243565	0,076219	0,004804	-0,004457	0,095105
6	0,336	0,366	0,326	0,295	0,283				0,837577	0,095628	0,164345	0,167622
7	0,250	0,089	0,150	-0,029	0,101	0,067				0,117545	0,049389	0,042638
8	0,129	0,307	0,327	0,359	0,437	0,232	-0,124				0,215202	0,047028
9	0,419	0,279	0,540	0,358	0,456	0,275	-0,020	0,169				0,795869
10	0,223	0,180	0,231	0,262	0,103	0,077	0,133	0,028	0,036			
11	0,331	0,346	0,445	0,379	0,234	0,128	0,091	-0,019	0,387	0,310		
12	0,161	0,227	0,317	0,278	0,323	0,197	0,025	0,216	0,205	0,139	0,114	

TABELA 4 — Matrizes de somas de quadrados e produtos “dentro” e de coeficientes de correlação (triangular inferior) para as espécies de *Trigona* e *Meliponula*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,413691	0,557012	0,889530	0,343371	0,451660	0,227287	0,286581	0,678701	2,193957	0,101161	0,519900	0,595838
		0,670866	0,506085	0,324867	0,255997	0,152173	0,147549	0,379826	0,632658	0,103083	0,320957	0,405128
			0,934222	0,441423	0,430535	0,214556	0,175719	0,520654	0,909825	0,124145	0,418587	0,537845
				0,485834	0,212709	0,114157	0,084510	0,171191	0,353404	0,095744	0,243793	0,377045
2	0,438				0,446362	0,120587	0,097850	0,302374	0,488232	0,055067	0,194387	0,244462
3	0,592	0,639				0,186111	0,055551	0,178585	0,306972	0,035296	0,149487	0,131527
4	0,317	0,569	0,655				0,391322	0,052684	0,171065	0,068379	0,103703	0,138182
5	0,435	0,468	0,667	0,457				1,268206	0,877141	0,022173	0,218766	0,360278
6	0,339	0,431	0,515	0,380	0,418				3,003986	0,239862	0,609703	0,644565
7	0,295	0,288	0,291	0,194	0,234	0,206				0,314502	0,086269	0,129188
8	0,388	0,412	0,478	0,218	0,402	0,368	0,075				0,736241	0,274915
9	0,815	0,446	0,543	0,293	0,422	0,411	0,158	0,449				3,400410
10	0,116	0,224	0,229	0,245	0,147	0,146	0,195	0,035	0,247			
11	0,390	0,457	0,505	0,408	0,339	0,404	0,193	0,226	0,410	0,179		
12	0,208	0,268	0,302	0,293	0,198	0,165	0,120	0,173	0,202	0,125	0,174	

TABELA 5 — Matrizes de somas de quadrados e produtos “dentro” e de coeficientes de correlação (triangular inferior) para todas as espécies de abelhas incluídas no estudo.

Mahalanobis (1932). É usual estimar-se a distância generalizada de Mahalanobis entre as espécies *i* e *j* por:

$$D_{ij}^2 = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' S^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j) \text{ onde, } \bar{X}_i,$$

é o vetor de médias amostrais de uma espécie, e *S*, é uma estimativa da matriz de covariância dentro de espécies.

Os pressupostos que limitam o uso da distância generalizada são: a) as variáveis têm distribuição normal multidimensional, e b) as espécies possuem a mesma matriz de covariância. Para possibilitar o exame da influência da matriz de covariância usada no cálculo da distância generalizada, foram calculados três conjuntos de distâncias, por três processos distintos:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
422,415798	128,540270	-229,852397	-40,531788	-4,203617	427,549572	-141,011007	67,154874	-400,342815	232,315763	-28,278436	-1,538404	1
	43,953147	-70,761872	-13,769184	-1,173932	130,499445	-43,688154	19,900649	-122,177327	70,260478	-9,344024	-0,552382	2
		130,420282	19,702754	0,329308	-234,133310	76,442474	-37,333040	217,558559	-126,558646	14,956274	0,721487	3
			10,322184	-0,046745	-41,802646	13,563567	-5,593912	38,774493	-22,703198	2,524294	-0,081821	4
				5,361125	-5,138218	1,109767	-0,842168	3,885031	-2,308662	0,327985	0,110392	5
					448,761463	-143,246628	67,266921	-405,662513	234,620372	-30,752838	-1,381628	6
						51,229258	-22,190011	133,646090	-78,145008	9,439871	0,469160	7
							12,417627	-63,975206	37,365392	-4,321617	-0,274479	8
								380,271918	-220,489482	26,621575	1,430233	9
									133,581230	-15,197787	0,891436	10
										5,091270	0,069311	11
											0,445541	12

TABELA 6 — Matriz inversa da matriz de somas de quadrados e produtos "dentro" de espécies de *Melipona*.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3,252602	-0,435451	-1,231579	0,522912	-0,656331	-1,938033	-1,208684	0,130786	-0,408361	-0,357223	-0,426550	0,066578	1
	9,521941	-1,634640	-3,493009	-2,834663	-2,505579	-0,162316	-0,264729	0,667828	-0,255299	-0,876923	0,087073	2
		14,141600	-5,804881	-6,511518	0,259065	-1,926696	-0,102628	-1,280052	0,636216	-1,373610	-0,313612	3
			15,019660	1,791936	-0,848484	2,093451	-1,666233	0,213931	-1,662983	-1,614817	-0,320484	4
				23,353940	0,759222	-1,106791	-3,359192	-1,362467	1,671234	0,833466	-0,784980	5
					18,834520	-0,559603	-1,014594	-0,817612	0,836270	0,777317	-0,439655	6
						12,120680	1,325868	1,015860	-1,588284	-0,081396	0,016021	7
							5,842187	0,152320	-0,075351	1,210101	-0,140535	8
								2,073786	-0,988167	0,641639	-0,003491	9
									10,460380	-1,262413	-0,323022	10
										6,950760	0,098292	11
											1,473296	12

TABELA 7 — Matriz inversa da matriz de somas de quadrados e produtos "dentro" de espécies de *Trigona* e *Meliponula*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1,568675	0,030121	-0,625161	0,066699	0,007345	0,487244	-0,610459	0,076796	-1,049882	0,594625	-0,021138	-0,011549	1
2		3,046990	-0,528863	-0,947452	-0,073063	-0,266471	-0,433425	-0,338612	-0,136550	-0,128406	-0,352835	-0,051256	2
3			3,967764	-1,577709	-1,495540	-0,758450	-0,117708	-0,448641	0,130488	-0,263885	-0,412828	-0,072252	3
4				4,242541	-0,219180	-0,330506	0,250454	0,369064	0,183197	-0,407569	-0,212628	-0,142473	4
5					4,186675	-0,481454	-0,217107	-0,216271	-0,100445	0,101391	0,098754	0,024846	5
6						8,244790	-0,480285	-0,370479	-0,553795	0,205018	-0,632053	0,025620	6
7							3,193154	0,162236	0,462118	-0,637367	-0,038429	-0,023627	7
8								1,215793	-0,227092	0,254460	0,142648	-0,026774	8
9									1,266912	-0,647440	-0,162458	-0,009212	9
10										3,857928	-0,034372	-0,039309	10
11											2,033687	0,006093	11
12												0,333205	12

TABELA 8 — Matriz inversa da matriz de somas de quadrados e produtos “dentro” dos gêneros *Melipona*, *Trigona* e *Meliponula*.

1º) **Processo:** Usou-se a inversa da matriz de somas de quadrados e produtos dentro de espécies de *Melipona* da Tabela 3 para o cálculo de um conjunto de distâncias entre espécies de *Melipona*;

2º) **Processo:** Usou-se a inversa da matriz de somas de quadrados e produtos dentro de espécies de *Trigona* e *Meliponula* da Tabela 4

para o cálculo de um conjunto de distâncias entre espécies;

3º) **Processo:** Usou-se a inversa da matriz de somas de quadrados e produtos comum a todas as espécies de Meliponídeos incluídos no estudo da Tabela 5 para o cálculo de um conjunto de distâncias entre todas as espécies.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. <i>M. marginata marginata</i>											
2. <i>M. schwarzi</i>	5,095										
3. <i>M. mandacaia</i>	4,866	17,943									
4. <i>M. favosa favosa</i>	1,737	3,327	6,850								
5. <i>M. puncticollis</i>	7,971	22,692	1,587	11,010							
6. <i>M. quadrifasciata anthidioides</i>	10,880	3,260	23,109	5,489	30,938						
7. <i>M. quinquefasciata</i>	46,948	79,971	23,065	54,214	18,118	90,752					
8. <i>M. rufiventris</i>	69,525	107,810	39,263	77,357	32,570	118,968	2,736				
9. <i>M. seminigra merrillae</i>	69,001	106,389	38,638	76,040	32,048	116,673	3,059	0,236			
10. <i>M. scutellaris</i>	64,060	100,055	35,005	79,793	28,577	110,194	2,359	0,411	0,187		
11. <i>M. interrupta grandis</i>	442,397	535,124	361,002	464,581	338,704	560,137	202,186	163,407	166,511	174,555	
12. <i>M. flavipennis</i>	17,272	26,429	8,814	13,143	10,560	25,177	32,713	45,280	42,834	38,812	370,308

TABELA 9 — Matriz de distâncias generalizadas entre pares de espécies de *Melipona*.

1. T. (<i>Hypotrigona</i>) <i>braunsi</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
2. T. (<i>Tetragonisca</i>) <i>jaty</i>	3,180							
3. T. (<i>Plebeia</i>) <i>droryana</i>	1,480	1,989						
4. T. (<i>Frieseomelitta</i>) <i>freiremaia</i>	16,875	8,086	12,680					
5. T. (<i>Scaptotrigona</i>) <i>postica</i>	15,892	11,504	9,059	11,790				
6. T. (<i>Partamona</i>) <i>cupira</i>	17,661	12,396	10,665	7,324	2,409			
7. T. (<i>Scaptotrigona</i>) <i>xanthotricha</i>	18,447	13,611	11,214	12,356	0,157	2,395		
8. T. (<i>Trigona</i>) <i>spinipes</i>	24,707	16,933	16,579	7,882	3,923	2,380	3,644	
9. <i>Meliponula</i> <i>bocandei</i>	39,301	30,464	27,667	19,292	7,461	6,132	6,445	4,417

TABELA 10 — Matriz de distâncias generalizadas entre pares de espécies de *Trigona*.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1,560	0,406	7,420	4,310	4,982	5,057	7,985	9,378	5,955	8,027	9,822	10,267	11,534	13,639	13,609	18,089	20,620	20,432	28,395	30,178	1
	1,043	2,932	2,671	3,121	3,214	4,319	6,704	3,962	5,545	7,199	7,720	8,019	11,142	9,911	13,762	15,810	15,743	22,309	25,755	2
		6,029	2,474	3,067	3,091	5,793	6,499	3,494	5,117	6,665	7,026	7,971	10,014	9,735	13,929	16,154	15,937	23,207	25,218	3
			4,096	3,095	4,150	1,921	5,521	5,473	6,656	6,793	7,440	7,315	10,144	8,264	10,205	11,609	11,555	15,311	19,983	4
				0,570	0,046	1,696	1,626	1,088	2,224	1,778	2,332	3,510	3,746	3,334	5,925	7,418	7,403	11,872	14,247	5
					0,536	1,312	1,290	1,117	2,144	1,646	2,064	2,945	3,499	2,917	4,908	6,274	6,170	10,003	12,631	6
						1,586	1,380	1,161	2,237	1,520	2,106	3,344	3,301	2,927	5,262	6,642	6,644	10,785	13,080	7
							1,596	3,006	3,851	3,033	3,530	4,046	5,150	3,769	5,373	6,717	6,591	9,292	13,173	8
								1,502	1,598	0,642	0,677	1,442	1,624	0,990	2,116	3,172	3,053	5,840	7,579	9
									0,373	0,878	1,000	1,209	2,340	1,926	4,064	5,349	5,318	10,010	12,051	10
										0,917	0,741	0,473	2,051	1,536	3,127	4,116	4,053	8,803	10,010	11
											0,140	0,863	0,514	0,438	1,638	2,454	2,484	5,907	7,128	12
												0,588	0,599	0,464	1,578	2,359	2,401	5,901	6,767	13
													1,585	0,751	1,793	2,490	2,374	6,018	7,468	14
														0,599	1,056	1,549	1,647	4,602	4,912	15
															0,703	1,244	1,242	3,568	5,281	16
																0,164	0,167	1,651	2,650	17
																	0,068	1,393	2,031	18
																		1,324	1,904	19
																			2,047	20

TABELA 11 — Matriz de distâncias generalizadas entre todos os pares de espécies incluídas no estudo.

RESULTADOS

Os gráficos mostrados nas Figuras 1, 2 e 3, são representações aproximadas das relações de distâncias e ilustraram as configurações entre as espécies, obtidas pelos três processos usados no seu cálculo.

As matrizes usadas para o cálculo das distâncias generalizadas pelo 1.º e 2.º processos foram obtidas a partir de subconjuntos mais

homogêneos — as espécies componentes são mais semelhantes entre si. Neste sentido, as configurações das Figuras 1 e 2 são mais fidedignas.

CATEGORIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

Finalmente considerou-se o problema da proposição de agrupamentos não superpostos de espécies, isto é, da partição disjunta do

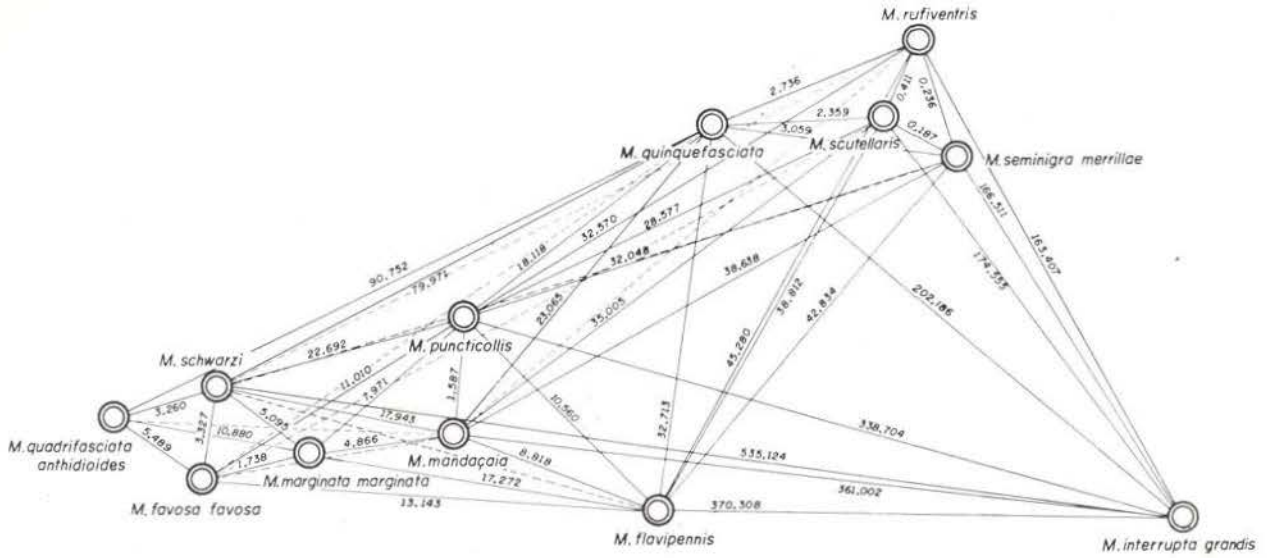


Figura 1 — Representação gráfica aproximada das relações de distância generalizadas D^2 entre pares de espécies de *Melipona*.

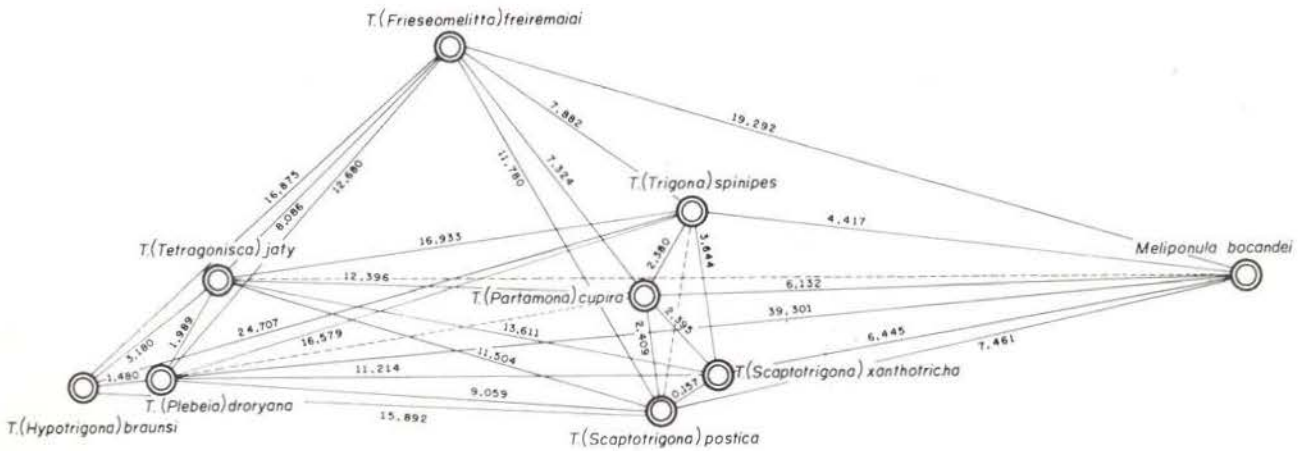


Figura 2 — Representação gráfica aproximada das relações de distância generalizadas D^2 entre pares de espécies de trigonínios.

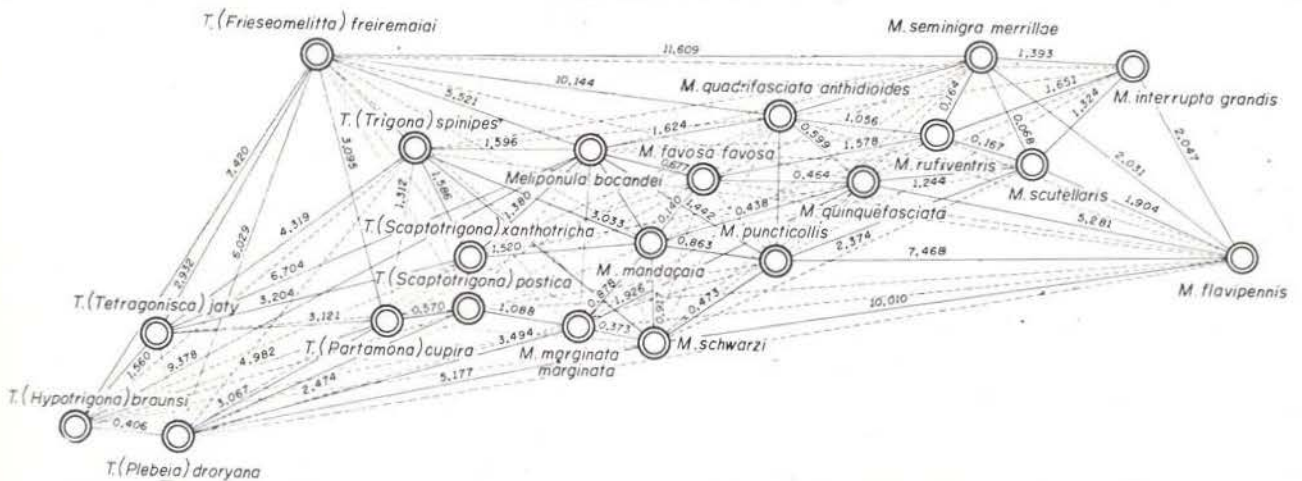


Figura 3 — Representação gráfica aproximada das relações de similaridade entre todas as abelhas estudadas neste trabalho.

GRUPOS	A			B			C						D		E							
	T. (Scaptotrigona) pútrica 5	T. (Scaptotrigona) xanthotricha 7	T. (Partamona) cupira 6	M. (rufiventris) 17	M. seminigra merrillae 18	M. scutellaris 19	M. mandaçaia 12	M. favosa favosa 13	M. puncticollis 14	M. quadrifasciata anthidioides 15	M. quinquefasciata 16	Meliponula bocandei 9	M. marginata marginata 10	M. schwarzi 11	T. (Hypotrigona) braunsi 1	T. (Plebeia) droryana 3	T. (Tetragonisca) jaty 2	T. (Frieseomelitta) freiremaia 4	T. (Trigona) spinipes 8	M. interrupta grandis 20	M. flavipennis 21	
M. rufiventris 17	5,925	5,262	4,908																			
M. seminigra merrillae . . . 18	7,418	6,642	6,274	0,164																		
M. scutellaris 19	7,408	6,644	6,170	0,167	0,068																	
GRUPO B	$\bar{D}^2 = 6,295$																					
M. mandaçaia 12	1,778	1,520	1,646	1,638	2,454	2,484																
M. favosa favosa 13	2,332	2,106	2,064	1,578	2,359	2,401	0,140															
M. puncticollis 14	3,510	3,344	2,945	1,793	2,490	2,374	0,863	0,588														
M. quadrifasciata anthidioides 15	3,746	3,301	3,499	1,056	1,549	1,647	0,514	0,599	1,585													
M. quinquefasciata 16	3,334	2,927	2,917	0,703	1,244	1,242	0,438	0,464	0,751	0,599												
Meliponula bocandei 9	1,626	1,380	1,290	2,116	3,172	3,058	0,642	0,677	1,442	1,624	0,990											
GRUPO C	$\bar{D}^2 = 2,515$			$\bar{D}^2 = 1,964$																		
M. marginata marginata . . . 10	1,088	1,161	1,117	4,064	5,349	5,318	0,878	1,000	1,209	2,340	1,926	1,502										
M. schwarzi 11	2,224	2,237	2,144	3,127	4,166	4,058	0,917	0,741	0,473	2,051	1,536	1,598	0,373									
GRUPO D	$\bar{D}^2 = 1,662$			$\bar{D}^2 = 4,347$					$\bar{D}^2 = 1,348$													
T. (Hypotrigona) braunsi . . . 1	4,310	5,057	4,982	18,089	20,620	20,432	9,822	10,267	11,534	13,639	13,609	9,378	5,955	8,027								
T. (Plebeia) droryana 3	2,474	3,091	3,067	13,929	16,154	15,987	6,665	7,026	7,971	10,014	9,375	6,499	3,494	5,177	0,406							
T. (Tetragonisca) jaty 2	2,671	3,214	3,121	13,762	15,810	15,743	7,199	7,720	8,019	11,142	9,911	6,704	3,962	5,545	1,560	1,043						
GRUPO E	$\bar{D}^2 = 3,554$			$\bar{D}^2 = 16,725$					$\bar{D}^2 = 9,250$		$\bar{D}^2 = 5,360$											
T. (Frieseomelitta) freiremaia 4	4,096	4,150	3,095	10,205	11,609	11,535	6,793	7,440	7,315	10,144	8,264	5,521	5,473	6,656	7,420	6,029	2,932					
	$\bar{D}^2 = 3,780$			$\bar{D}^2 = 11,116$					$\bar{D}^2 = 7,630$		$\bar{D}^2 = 6,065$		$\bar{D}^2 = 5,460$									
T. (Trigona) spinipes 8	1,696	1,586	1,312	5,373	6,717	6,591	3,033	3,530	4,046	5,150	3,769	1,596	3,006	3,851	7,985	5,793	4,319	1,921				
	$\bar{D}^2 = 1,531$			$\bar{D}^2 = 6,227$					$\bar{D}^2 = 3,521$		$\bar{D}^2 = 3,428$		$\bar{D}^2 = 6,032$									
M. interrupta grandis 20	11,872	10,785	10,008	1,651	1,393	1,324	5,907	5,901	6,018	4,602	3,568	5,840	10,010	8,803	28,395	23,207	22,309	15,311	9,292			
	$\bar{D}^2 = 10,888$			$\bar{D}^2 = 1,456$					$\bar{D}^2 = 5,306$		$\bar{D}^2 = 9,406$		$\bar{D}^2 = 24,637$									
M. flavipennis 21	14,247	13,080	12,651	2,650	2,031	1,904	7,128	6,767	7,468	4,912	5,281	7,579	12,061	10,010	33,178	25,218	25,755	19,983	13,173			
	$\bar{D}^2 = 13,326$			$\bar{D}^2 = 2,195$					$\bar{D}^2 = 6,522$		$\bar{D}^2 = 11,030$		$\bar{D}^2 = 27,050$									

TABELA 12 — Constelações de similaridade entre todas as espécies incluídas no estudo.

conjunto de espécies, de modo que cada e toda espécie do conjunto considerado se incluisse em algum e um só agrupamento. Qualquer que seja o procedimento usado para reunir as espécies em grupos, o problema da classificação não está solucionado sem a proposição de um critério de avaliação da estrutura alcançada pelo conjunto de espécies. Assim, simultaneamente com o procedimento de agrupamento, definiu-se uma medida da quantidade de estrutura alcançada pela categorização imposta às espécies.

A estruturação das espécies foi obtida segundo dois procedimentos :

1º) Procedimento de Tocher (Rao, 1952)

A categorização inicia-se pela procura de núcleos de máxima similaridade entre espécies. Continua pela possível inclusão de espécies afins ao núcleo inicial e termina quando novas inclusões modificariam drasticamente a medida de estrutura interna já atingida, o valor das distâncias generalizadas entre espécies incluídas.

O valor médio das distâncias generalizadas entre núcleos finais de similaridade — constelações de espécies — é medida de estrutura externa e completa a informação que esse procedimento tem a oferecer.

Os resultados da aplicação do procedimento de Tocher à matriz de distância entre todas as espécies de Meliponídeos examinadas na Tabela 11, são mostrados na Tabela 12. A Figura 4 é um resumo visual da estrutura conseguida

2º) Procedimento de Sokal e Sneath (1963)

A aplicação do procedimento "Weighted Pair-Group Method Averages" (W.P.G.M.A.) prevê a formação de núcleos iniciais de agrupamentos pela reunião, aos pares, de espécies que apresentam maior semelhança mútua.

Como podem ser vários os agrupamentos iniciais, as admissões se fazem em ciclos sucessivos, envolvendo todos os grupos anteriores, onde as espécies mais semelhantes podem ser incorporadas a grupos já estabelecidos ou, mesmo, antes se reunirem. Assim, a cada cí-

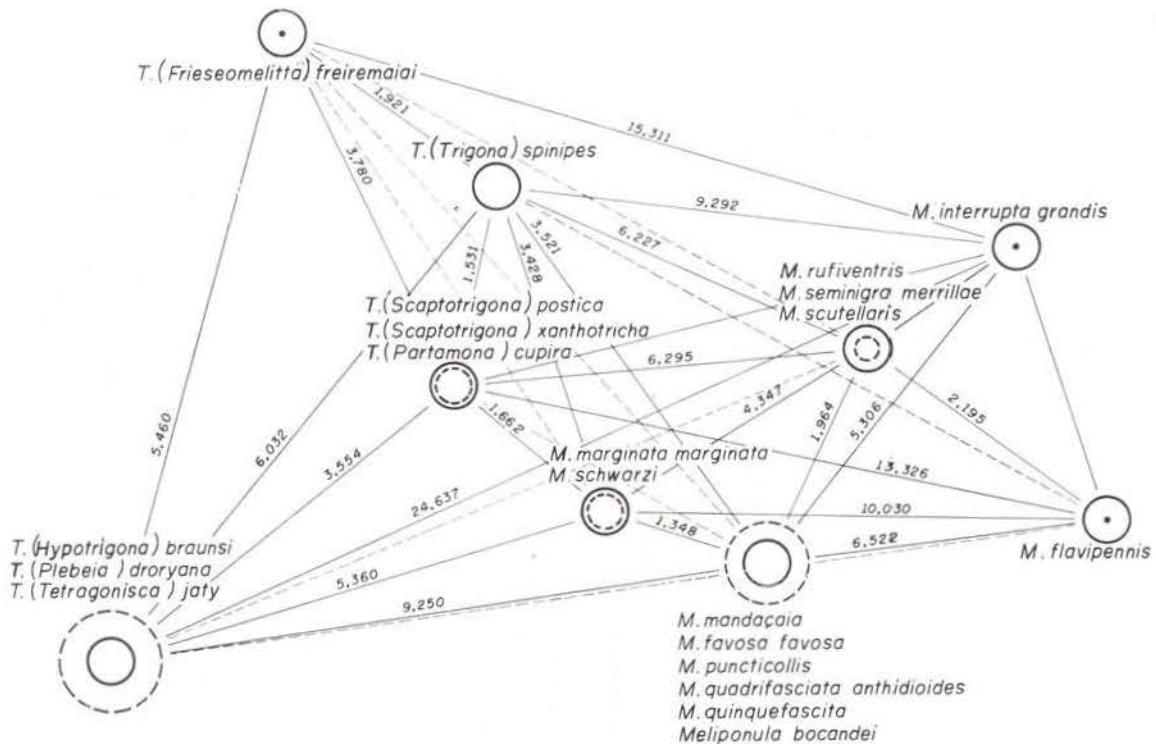


Figura 4 — Representação gráfica das relações de distância entre os agrupamentos detetados nas figuras anteriores.

clo de agrupamentos, a matriz de coeficientes de semelhança é recalculada e os grupos representados pela média aritmética dos coeficientes de seus componentes. A utilização desse método sobre a matriz de coeficientes

D^2 levou à obtenção de três dendrogramas ilustrativos das interações entre abelhas do gênero *Melipona* da Figura 5, gênero *Trigona* da Figura 6 e para todas as espécies envolvidas da Figura 7.

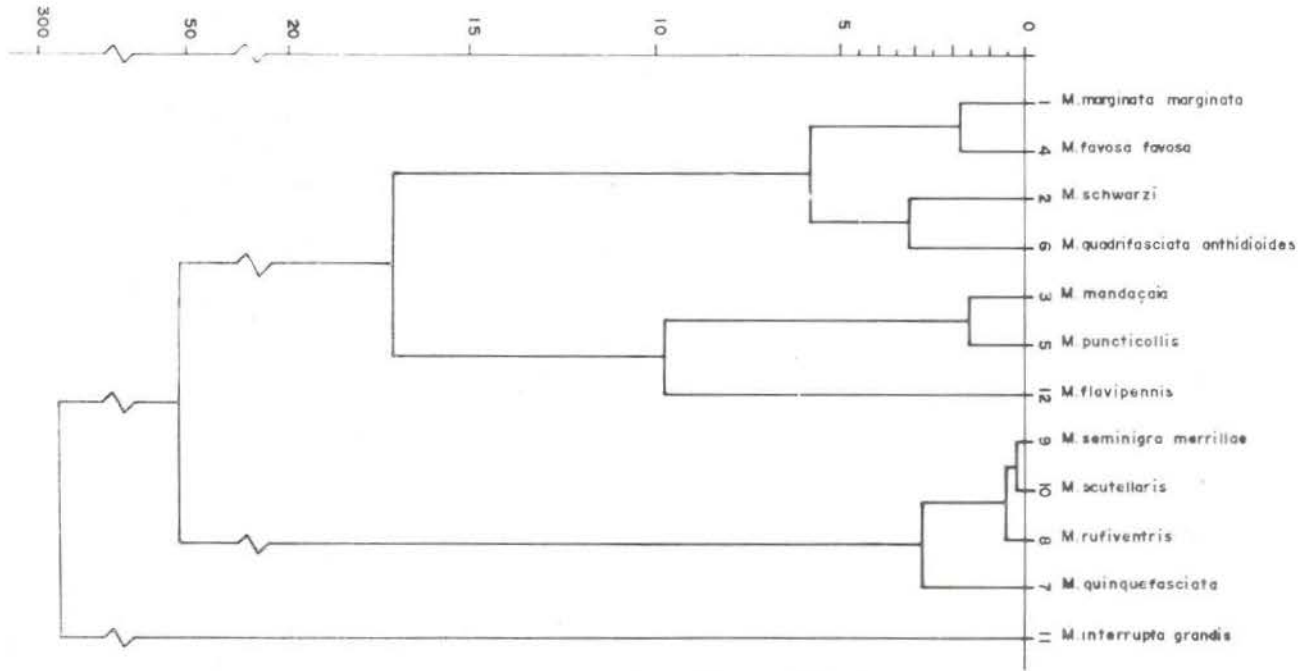


Figura 5 — Dendrograma representativo das distâncias generalizadas, D^2 , entre espécies de *Melipona*.

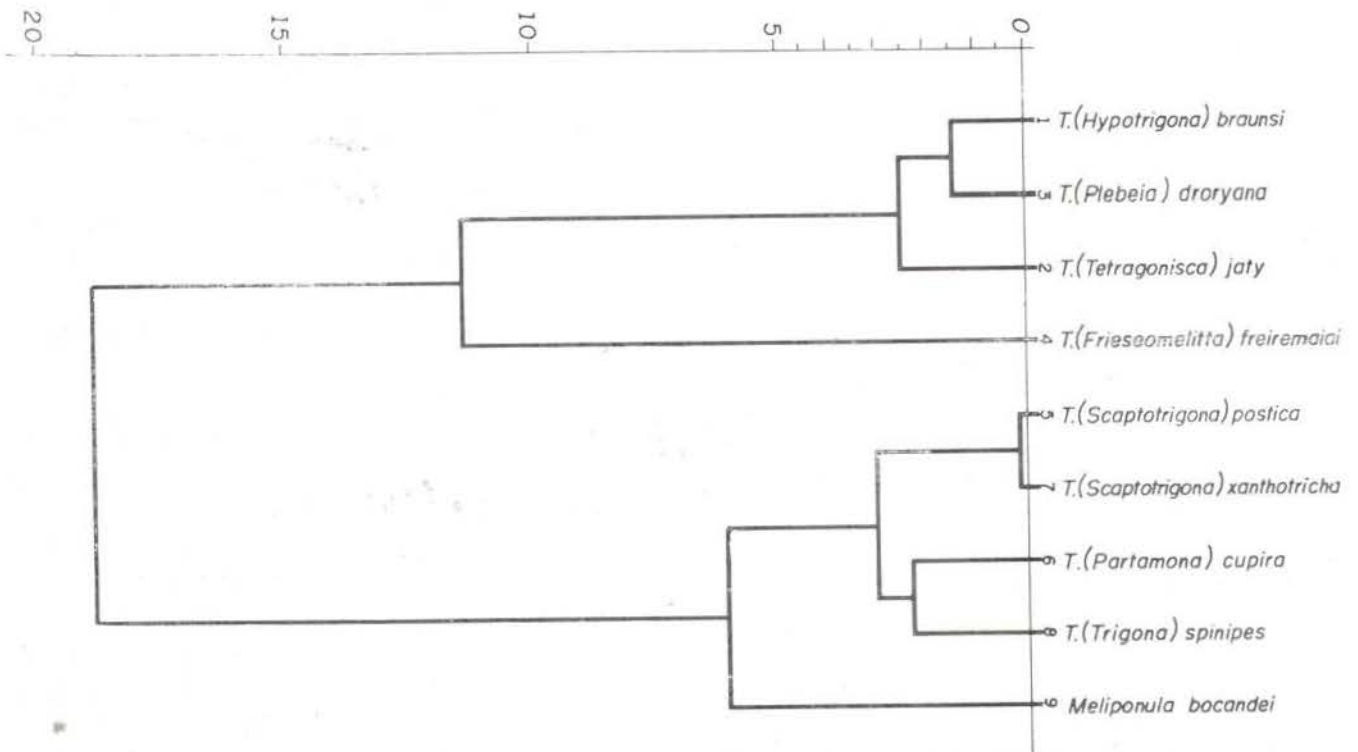


Figura 6 — Dendrograma representativo das distâncias generalizadas, D^2 , entre espécies de *Trigona*.

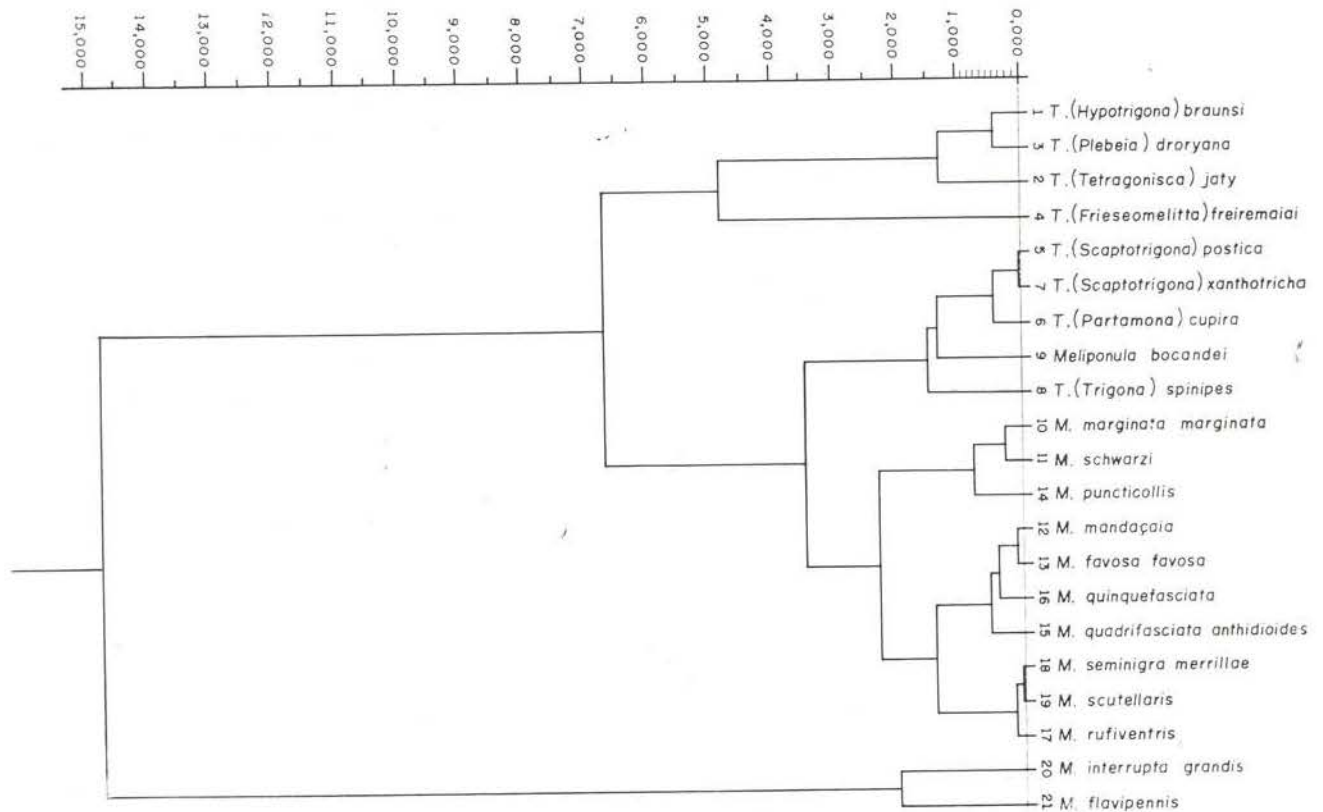


Figura 7 — Dendrograma representativo das distâncias generalizadas, D^2 , entre todas as espécies de abelhas incluídas no estudo.

Convém notar que as estruturas de similaridade foram obtidas para uma amostra de espécies dos Meliponídeos e nesse contexto devem ser examinadas. Sua estabilidade e coerência valem apenas para os níveis mais finos de agrupamentos em que as espécies agrupadas ou grupos de espécies reunidos são mais semelhantes entre si.

Os níveis mais grossos de categorização podem ser entendidos como conjuntos resíduos, por incorporarem espécies ou grupos de espécies que não se reuniram aos agrupamentos já conseguidos sem mudança notável na medida de estrutura obtida nos primeiros ciclos de procura.

ANÁLISE E CONCLUSÕES

A Figura 1 que resume as relações de similaridade entre as espécies de *Melipona* aqui analisadas (distância generalizada, de Mahalanobis), indica um aglomerado das espécies *rufiventris*, *seminigra* e *scutellaris* que, na

classificação de Schwarz (1932), eram postas (erroneamente — pois são sexualmente isoladas) em uma única espécie (*M. fasciata*). Próxima deste grupo localiza-se *M. quinquefasciata* (veja Tabela 9). Com trabalho anterior de Kerr *et al.* (1957) coloca-se *M. quinquefasciata* próxima de *M. favosa*. No entanto este estudo coloca-a próxima do antigo grupo *fasciata*. O estudo do grupo das *Trigonini* (veja figura 2) apresentou as espécies *Partamona*, *Trigona* e *Scaptotrigona* agrupadas, as abelhas do grupo africano *Hypotrigona* próximas a *Plebeia*; *Frieseomelitta* e *Meliponula* estão bem isoladas, tudo concordando bem com a citologia e outros aspectos biológicos.

A figura 3 faz também revelações importantes: revela que as *Trigonini* mais próximas das Melíponas são as *Meliponula* e o grupo *Partamona*, e as Melíponas mais próximas dos *Trigonini* seriam as *M. marginata*, *M. schwarzi*, *M. favosa* e *M. mandaçaia*.

O método empregado tem alguns defeitos ou dificuldades: a) tamanho é muito mais im-

portante que forma, b) foram usadas poucas espécies e c) a introdução de novas espécies afeta a distância entre espécies — porisso as figuras 1 e 2 não se superpõem na figura 3. Tcdavia, compondo os conhecimentos da taxonomia formal, da citologia, da biologia, com os da taxonomia numérica, vista por vários métodos, ter-se-á uma figura mais próxima a realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. Celio Sene que fez as medições, ao Engenheiro Luiz F. Blota que preparou os programas para a IBM 1130, do Centro de Processamento de Dados da Escola de Engenharia de São Carlos, e ao Sr. Leopoldo Calligaris Netto, que executou os gráficos e desenhos.

Summary

Twelve characters of 21 species were studied in stingless bees (Meliponidae). The Mahalanobis generalized distance was estimated as a measure of morphological likelihood.

Four figures represented all the distances calculated. This study shows that: 1) *Melipona rufiventris*, *M. seminigra* and *M. scutellaris* cluster in a group; 2) The Trigona closet to the Meliponas are *Meliponula* and *Partamona*; 3) The *Melipona*

closest to Trigonas are: *M. marginata*, *M. schwarzi*, *M. favosa*, *M. mandaçaia*; 4) The African *Hypotrigona* are close to the *Plebeia*.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- CUNHA, R.A.
1970 — Contribuição ao estudo da taxonomia dos Melinoninae (Hymenoptera - Apidae). Tese de doutoramento — F.F.C.L. de Rio Claro, S.P.
- KERR, W.E.; PISANI, J.E. & DAIR AILY
1967 — Aplicação dos princípios modernos à sistemática do gênero *Melipona* Illiger, com a divisão em dois subgêneros (Hymenoptera, Apoidea). *Papéis avulsos de Zoologia* (S. Paulo), 20(13): 135-145.
- MAHALANOBIS, P.C.
1936 — On the generalized distance in statistics. *Proc. Nat. Inst. Sci., Índia*, (9): 1-49.
- PISANI, J.F.; MOURE, J.S.; CRESTANA, B.; D. AILY & LORENZETTI, M.L.
1966 — Análise estatística da estrutura interespecífica dos *Bombus* do Brasil (Hymenoptera-Apoidea). *Bol. Univ. Fed. Paraná, Zoologia*, 2(8): 101-120.
- SOKAL, R.R. & SNEATH, P.H.A.
1963 — *Principles of numerical Taxonomy*. W.H. Freeman Co., XVI + 359 p.p., San Francisco.
- SCHWARZ, H.
1932 — The genus *Melipona*. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, New York, 63: 231-460.