

PARTÍCULAS RADIOATIVAS NO MEL DE ABELHAS (*Apis mellifera* L.)¹

RICARDO DE OLIVEIRA ORSI^{2*}, CONCETTINA GIOVANI³, FEDERICA GAZZIOLA⁴, RENZO BARBATTINI⁴, SILVIA REGINA CUNHA FUNARI²

¹Recebido para publicação em:14/10/04 Aceito para publicação em:27/12/04

²Departamento de Produção e Exploração Animal, FMVZ, UNESP, CEP 18618-000, Botucatu, SP.
E-mail: orsi@fca.unesp.br

³Agência de Proteção Ambiental (ARPA), Região Friuli-Venezia Giulia, Udine, Itália.

⁴Departamento de Biologia Aplicada a Defesa das Plantas, Universidade dos Estudos de Udine, Udine, Itália.

RESUMO: A liberação de partículas radioativas artificiais para a natureza pode contaminar os insetos, seus produtos e, conseqüentemente, o homem. A apicultura é dependente das plantas, ficando as abelhas expostas aos poluentes liberados na natureza que as intoxicam e contaminam seus produtos. Dentre os produtos apícolas, o mel sempre despertou o interesse da população, sendo utilizado como alimento energético e na “medicina natural”. Os objetivos da presente pesquisa foram investigar a presença de radiação gama, com ênfase ao Césio-137, nos méis provenientes do Brasil (Goiânia/GO) e Itália (região Friuli-Venezia Giulia - FVG). De acordo com os resultados, a amostra de mel brasileira não apresentou contaminação por Césio-137, mas apresentou Potássio-40. Por outro lado, as amostras de mel da Itália apresentaram Césio-137, bem como Potássio-40. Os níveis de Césio-137 encontrados nos méis italianos apresentaram grande variação, dependentes da origem botânica de coleta do néctar. Entretanto, os valores de Césio-137 encontrados no mel encontram-se abaixo dos limites considerados tóxicos, não oferecendo risco direto à saúde dos consumidores. Pode-se concluir que o mel pode ser utilizado no monitoramento da contaminação radioativa do ambiente.

Palavras chave: *Apis mellifera*, mel, ambiente, poluição, Césio-137

RADIOACTIVE PARTICLES IN THE HONEY BEE (*Apis mellifera* L.)

ABSTRACT: The release of radioactive particles into the environment may contaminate insects and their products and, consequently, the mankind. Beekeeping depends on the plants, and bees are exposed to pollutants that poison them and contaminate their products. Among bee products, the honey has raised public interest, being used as energy food and “natural medicine”. The goal of study was to investigate the presence of gamma radiation, with emphasis on cesium-137, in the Brazilian honey (Goiânia/GO) and Italian honey (Friuli-Venezia Giulia region - FVG). Brazilian sample did not show cesium-137 contamination, but showed potassium-40. On the other hand, Italian samples showed cesium -137, as well as potassium-40. Cesium-137 levels found in the Italian honeys showed great variation, dependent of the botanical origin of nectar. However, cesium-137 levels found in the honey samples was very low, and would therefore be negligible from a view point of a toxicological risk to consumers. One may conclude that honeybee may be an important indicator of radioactive contamination, being an useful tool for monitoring the environment.

Key words: *Apis mellifera*, honey, environment, contamination, cesium -137

INTRODUÇÃO

A poluição global com partículas radioativas de origem artificial, como a explosão de reatores nucleares, representa uma recente preocupação para a humanidade, apresentando grande potencial na contaminação dos ambientes aquático e terrestre (ANJOS *et al.*, 2000; HUSA *et al.*, 2001).

O Césio-137, partícula radioativa de origem artificial, tem grande importância para o ser humano, devido a sua meia-vida de aproximadamente 30 anos e alta toxicidade. Quando a contaminação ocorre com baixas doses seus efeitos costumam aparecer após vários anos, sob a forma de alterações genéticas e câncer (LUTSKO *et al.*, 1996; HANDA *et al.*, 1997; KESIC *et al.*, 1997).

Anterior ao acidente nuclear de Chernobyl em 1986, na Ucrânia, os níveis de Césio-137 encontrados na Europa eram decorrentes de pequenos testes nucleares realizados no continente ou países próximos, não sendo considerados uma ameaça direta à saúde das pessoas. Entretanto, após o acidente de Chernobyl, uma grande quantidade de Césio-137, Césio-134, Estrôncio-90 e outros elementos radioativos depositaram-se sobre a Europa, afetando países como a Itália (BARBATTINI *et al.*, 1991). Os índices de Césio-137 encontrados na Itália, principalmente na região Friuli-Venezia Giulia (Norte), foram influenciados sobretudo pelos altos índices pluviométricos nos dias subseqüentes ao acidente, promovendo o depósito de Césio-137 no solo, água e alimentos (TONELLI *et al.*, 1990; PADOVANI, 1996).

Da mesma forma, a negligência com o lixo radioativo produzido pelas usinas nucleares, cápsulas hospitalares e outras fontes de material radioativo podem representar um grande risco à população. No Brasil, o acidente de Goiânia em 1987, ocorreu pela abertura de uma cápsula hospitalar contendo Césio-137 por moradores da cidade, ocasionando a morte de algumas pessoas e a contaminação de centenas. Atualmente, encontram-se diversos locais com contaminação de Césio-137 no solo da cidade (ANJOS *et al.*, 2000), podendo ocorrer contaminação da cadeia água-solo-planta-abelha-mel.

A concentração da radiação nos vegetais depen-

de tanto da quantidade de poluentes, como Césio-137, presentes no solo, quanto dos coeficientes de transferência do solo aos vegetais. Como a apicultura é dependente das plantas como fonte de sobrevivência para as abelhas, estas ficam expostas aos poluentes liberados na natureza que as intoxicam e contaminam seus produtos (RAVETTO *et al.*, 1987; HAARMANN, 1998; MATSUNAGAA *et al.*, 1998; BARISIC *et al.*, 1999; WALLNER, 1999).

Dentre os produtos apícolas, o mel tem sido investigado como indicador de contaminação radioativa (GIOVANI *et al.*, 1991; BARISIC *et al.*, 1999; BORDON, 2001; FILIPPI, 2004). Como a procura pelos produtos naturais é crescente, deve-se alertar para os possíveis riscos implícitos na utilização de produtos apícolas no consumo humano (SAMPAIO, 1994).

Diante do exposto, os objetivos do presente trabalho de pesquisa foram investigar a presença de partículas radioativas (principalmente Césio-137) em amostras de mel do Brasil (Goiânia/GO) e Itália (região do Friuli-Venezia Giulia - FVG).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi obtida uma amostra de mel de Goiânia (GO), proveniente de um apiário instalado nas proximidades da cidade, distando aproximadamente 20 Km do local do acidente de 1987.

As amostras de méis provenientes da região do Friuli-Venezia-Giulia (norte da Itália) foram obtidas junto a uma Associação de Apicultores da região, provenientes de diferentes cidades: Giais (1 amostra), Pordenone (6 amostras), Maniago (1 amostra), Val d'Arzino (1 amostra), Ravascletto (1 amostra), Ravignano (1 amostra), Malnisio (1 amostra) e Torreano (1 amostra).

A análise polínica das amostras de méis foi quantitativa (contagem consecutiva de 200 grãos de pólen, determinando-se o pólen dominante - PD - mais de 45% do pólen total) (LOUVEAUX *et al.*, 1970) e qualitativa (identificação do grão de pólen pela avaliação microscópica e comparação com os grãos de pólen descritos na literatura). As análises foram realizadas no laboratório do Departamento de Biolo-

gia Aplicada a Defesa das Plantas, Universidade de Udine, Udine, Itália.

A análise para detectar a presença ou não de partículas radioativas, emissoras de radiação gama nas amostras de mel, foi realizada na Agência Regional de Proteção Ambiental – ARPA, Udine, Itália. As análises foram realizadas com o auxílio de um Espectrômetro Gama contendo um revelador de germânio de alta pureza, refrigerado com azoto líquido e com eficiência de 80% na detecção de emissão de radiação gama pelas amostras (GIOVANI, 1995).

As amostras de mel foram colocadas em recipientes de 250 mL. Cada amostra permaneceu no espectrômetro por um período mínimo de 24 horas, para detectar a presença da radiação gama. Os resultados foram expressos em forma de espectros (picos) e o cálculo da radiação presente (Bq kg^{-1}) feito com auxílio de um programa computacional contendo bases de dados com elementos radioativos emissores de radiação gama.

Os dados foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) para medidas repetidas, complementada com o teste de Tukey-Kramer para comparações de médias.

RESULTADOS

Quanto à análise polínica, a amostra de mel brasileira foi classificada como silvestre. Para as amostras italianas, os méis foram classificados em: Giaís (*Castanea* sp), Pordenone (3 amostras de *Castanea* sp, 2 amostras silvestre e 1 amostra de *Robinia* sp), Maniago (*Robinia* sp), Val d'Arzino (silvestre), Ravascletto (silvestre), Ravignano (silvestre), Malnisio (*Robinia* sp) e Torreano (*Robinia* sp) (Quadro 1).

A medida dos níveis de partículas radioativas na amostra de Goiânia (GO) não revelou a presença de Césio-137, mas apenas de Potássio-40 ($30,40 \text{ Bq kg}^{-1}$) (Quadro 1).

As amostras de méis provenientes da Itália (região Friuli-Veneza-Giulia) apresentaram as seguin-

tes partículas emissoras de radiação gama: *Pordenone*: Césio-137 (10,67; 14,57; 14,70 Bq kg^{-1} para amostras de *Castanea* sp e 0,76 Bq kg^{-1} para origem silvestre), Potássio-40 (124,55; 149,04; 148,03 Bq kg^{-1} para amostras de *Castanea* sp; 27,37 e 45,73 Bq kg^{-1} para origem silvestre e 30,98 Bq kg^{-1} para origem *Robinia* sp); *Giaís*: Césio-137 (14,68 Bq kg^{-1}) e Potássio-40 (126,89 Bq kg^{-1}) de *Castanea* sp; *Maniago*: Césio-137 (0,16 Bq kg^{-1} de *Robinia* sp) e Potássio-40 (23,93 Bq kg^{-1} de origem *Robinia* sp); *Val d'Arzino*: Césio-137 (0,33 Bq kg^{-1}) e Potássio-40 (63,30 Bq kg^{-1}), de origem silvestre; *Ravascletto*: Césio-137 (0,50 Bq kg^{-1}) e Potássio-40 (42,56 Bq kg^{-1}) de origem silvestre; *Ravignano*: Potássio-40 (54,99 Bq kg^{-1}), de origem silvestre; *Malnisio*: Césio-137 (0,14 Bq kg^{-1}) e Potássio-40 (22,50 Bq kg^{-1}) de origem *Robinia* sp; *Torreano*: Potássio-40 (32,78 Bq kg^{-1}) de origem *Robinia* sp (Quadro 1; Figura 1).

Quadro 1. Local de coleta, origem botânica e valores da contaminação radioativa (Bq kg^{-1}) de Césio-137 (Cs-137) e Potássio-40 (K-40) em amostras de mel provenientes de diferentes regiões geográficas (Brasil e Itália)

Local de Coleta	Origem Botânica	Cs-137	K-40
Pordenone, Itália	<i>Castanea</i> sp	10,67	124,55
Giaís, Itália	<i>Castanea</i> sp	14,68	126,89
Pordenone, Itália	<i>Castanea</i> sp	14,57	149,04
Pordenone, Itália	<i>Castanea</i> sp	14,70	148,03
Val d'Arzino, Itália	Silvestre	0,33	63,30
Ravascletto, Itália	Silvestre	0,50	42,56
Pordenone, Itália	Silvestre	0,76	27,37
Pordenone, Itália	Silvestre	0,00	45,73
Ravignano, Itália	Silvestre	0,00	54,99
Maniago, Itália	<i>Robinia</i> sp	0,16	23,93
Malnisio, Itália	<i>Robinia</i> sp	0,14	22,50
Pordenone, Itália	<i>Robinia</i> sp	0,00	30,98
Torreano, Itália	<i>Robinia</i> sp	0,00	32,78
Goiás, Brasil	Silvestre	0,00	30,40

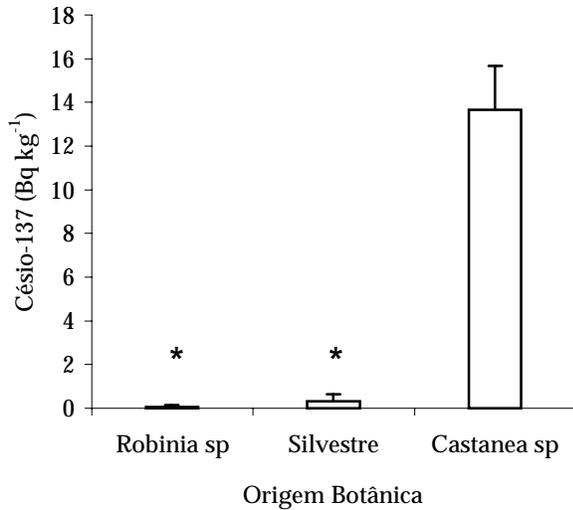


Figura 1. Valores médios de contaminação por Césio-137 (Bq kg⁻¹) em amostras de mel provenientes da Itália (Giais, Pordenone, San Pietro al Natisone, Maniago, Val d'Arzino, Ravascletto, Ravignano, Malnisio e Torreano), de acordo com a origem botânica (*Robinia* sp., *Silvestre* e *Castanea* sp.). * indica diferença estatística em relação à concentração de Césio-137 no mel de *Castanea* sp (ANOVA seguido de Tukey-Kramer, $p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O uso das abelhas e seus produtos como indicadores de poluição ambiental tem sido sugerido por diversos autores (HAARMANN, 1997; FILIPPI, 2004).

A ausência de Césio-137 no mel de Goiânia (Quadro 1) não elimina a possibilidade de contaminação da região, pois ainda observa-se a presença de contaminação radioativa nas proximidades do acidente (ANJOS *et al.*, 2000). Desta forma, a amostra do mel estudada poderia ter sido produzida em uma área não contaminada ou com contaminação muito baixa, dificultando a identificação do radioisótopo.

Na Itália, um dos países mais contaminados pelo acidente de Chernobyl, as medidas de monitoramento da radioatividade sobre os parâmetros ambientais e alimentares realizadas na região do Friuli-Venezia Giulia evidenciaram a concentração de partículas radioativas em diversas

fontes alimentares, bem como nos méis da região (TONELLI *et al.*, 1990; BARBATTINI *et al.*, 1991; HANDA *et al.*, 1997). Esta contaminação ocorreu tanto no período imediatamente após o acidente, no qual ocorreu a contaminação de espécies vegetais de interesse apícola, quanto pelo passar dos anos, quando a contaminação das espécies vegetais ocorreu pela presença de partículas radioativas na terra e da translocação das mesmas para o interior das plantas.

A presença de níveis de Césio-137 nas amostras de mel (Quadro 1; Figura 1) da região Friuli-Venezia-Giulia indica a presença desta partícula radioativa no solo, mesmo após vários anos do acidente. Sabe-se que a distribuição de Césio-137 no ambiente não é homogênea, dependendo de fatores como tipo de terreno, características fisiológicas e bioquímicas das plantas e da dinâmica de translocação para seus vários órgãos (NIMIS *et al.*, 1988; BARBATTINI *et al.*, 1991).

Diversos trabalhos em literatura estudaram o mel como indicador de contaminação radioativa de uma região (TONELLI *et al.*, 1990; GIOVANI *et al.*, 1991; KESIC *et al.*, 1997; BARISIC *et al.*, 1999; BORDON, 2001). Entretanto, os índices de Césio-137 presentes nos méis podem apresentar grande variação, pois são dependentes da espécie vegetal de coleta do néctar pelas abelhas, podendo estar relacionadas com as características fisiológicas e bioquímicas das plantas, bem como com o tipo de aparato radical, que interferem na captura do césio-137. Desta forma, pode-se observar maior concentração de césio-137 em méis de *Castanea* sp e menores em méis de *Robinia* sp e *Silvestre*, conforme evidenciado neste trabalho e em TONELLI *et al.*, 1990; BARBATTINI *et al.*, 1991; GIOVANI *et al.*, 1991; GIOVANI, 1994 e BARBATTINI *et al.*, 1996.

A presença de Potássio-40 nas amostras de mel estudadas não acarreta nenhum problema para a saúde de quem as utiliza, pois são elementos radioativos naturais provenientes de rochas minerais (ANJOS *et al.*, 2000).

A radioatividade encontrada nas amostras de mel provenientes da Itália e analisadas neste trabalho não representa um risco à saúde dos consumidores, uma vez que os índices de Césio-137 encontrados estão abaixo do limite considerado tóxico para a população (BARBATTINI *et al.*, 1996). Atualmente a Comunidade Européia estabelece, como limite má-

ximo, 600 Bq Kg⁻¹ de contaminação por Césio-137 em alimentos (FILIPPI, 2004), enquanto que o Japão estabelece níveis de 370 Bq Kg⁻¹ em alimentos importados, incluindo o mel (HANDA *et al.*, 1996). Entretanto, chama-se a atenção para a necessidade de controle de qualidade mais rigoroso, uma vez que o Césio-137 pode se acumular no organismo e causar pequenas alterações em longo prazo, sobretudo, genéticas.

CONCLUSÕES

O mel pode apresentar contaminação por Césio-137, podendo ser utilizado como indicador de contaminação ambiental por partículas radioativas. Entretanto, pode-se observar que a presença destas partículas é dependente da origem botânica do néctar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, R.M.; FACURE, A.; MACARIO, K.C.D. et al. Estudo do Acidente Radiológico de Goiânia no ensino da física moderna. *Rev. Bras. Ens. Física*, v.22, p.60-8, 2000.
- BARBATTINI, R., FRILLI, F., GREATTI, M., et al. Radiocésio nel miele nel Friuli-Venezia-Giulia dopo l'incidente di Chernobyl. In: *ATTI DEL CONVEGNO 10 ANNI DA CHERNOBYL: RICERCHE IN RADIOECOLOGIA, MONITORAGGIO AMBIENTALE E RADIOPROTEZIONE*, Trieste, 1996. p. 133-142.
- BARBATTINI, R.; FRILLI, F.; IOB, M. et al. Trasferimento del césio e del potássio attraverso la catena apistica in alcune aree del Friuli-Venezia Giulia. *Apicoltura*, Italia, v.7, p.85-89, 1991.
- BARISIC, D.; LULIC, S.; KEZIC, N. et al. 137Cs in flowers, pollen and honey from the Republic of Croatia four years after the Chernobyl accident. *Apidologie*, Italia, v.23, p.71-78, 1999.
- BORDON P. Studio del trasferimento del radiocésio attraverso la catena apistica in provincia di Trieste. Italia: Università di Trieste, 2001. 94 f. (Tesi di Laurea)
- FILIPPI A. Il miele quale indicatore di radiocontaminazione: rielaborazione di dati e perfezionamento del protocollo di campionamento. Italia: Università di Trieste, 2004. 84 f. (Tesi di Laurea)
- GIOVANNI, C. Il radiocésio nel miele del Friuli-Venezia Giulia: studi per un mappa di radiocontaminazione. *Agricolt. Infomaz.*, v.2, p.52-55, 1994.
- GIOVANI, C.; PADOVANI, R.; FRILLI, F. et al. Il miele come indicatore della contaminazione radioattiva. *Apicoltura*, Italia, v.7, p.137-149, 1991.
- GIOVANI, C.; PADOVANI, R.; GODEASSI, M. et al. Radiocésio nei mieli millefiori e di melata del Friuli-Venezia Giulia. *Apicolt. Mod.*, Italia, v.86, p.59-66, 1995.
- HAARMANN, T.K. Honey bees (hymenoptera: Apidae) as indicators of radio nuclide contamination: investigating contaminant redistribution using concentrations in water, flowers and honey bees. *J. Econ. Entomol.*, v.91, p.1072-1077, 1998.
- HANDA, Y.; HIRAI, Y.; MATSUBARA, T. et al. Radioacativity due to several radioanuclides detected in honey of different geographical origins. *Am. Bee J.*, Hamilton, v.23, p.307-309, 1997.
- HUSA, M.; KOUTI, K.; LULIB, S. Radioactive contamination of wood and its products. *J. Environm. Radioact.*, v.55, p.179-186, 2001.
- KEZIC, N.; HUS, M.; SELETKOVIC, Z. et al. Honeydew honey as a long term indicator of 137-Cs pollution. *IAEA – Tecdoc.*, v.2, p.54-61, 1997.
- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. *Bee World.*, Buckinghamshire, v.51, p.125-138, 1970.
- LUTSKO, A.; MILUTIN, A.; KRIVORUCHKO, K. Health characteristics of children and adults in Belarus, which suffered from the Chernobyl accident. In: *ATTI DEL CONVEGNO 10 ANNI DA CHERNOBYL: RICERCHE IN RADIOECOLOGIA, MONITORAGGIO AMBIENTALE E RADIOPROTEZIONE*, Trieste, 1996. p.29-38.
- MATSUNAGAA, T.; UENOA, T.; AMANOA, H. et al. Characteristics of Chernobyl-derived radionuclides in particulate form in surface waters in the exclusion zone around the Chernobyl Nuclear Power Plant. *J. Cont. Hydrol.*, v.35, p.101-113, 1998.
- NIMIS, P.L.; GIOVANI, C.; PADOVANI, R. On the ways of expressing radiocésium contamination in plants for radioecological research. *Studia Geobot.*, v.8, p.3-12, 1988.
- PADOVANI, R. Valutazione dell'impatto dell'incidente

- sulla regione Friulli-Venezia-Giulia. In: ATTI DEL CONVENGO 10 ANNI DA CHERNOBYL: RICERCHE IN RADIOECOLOGIA, MONITORAGGIO AMBIENTALE E RADIOPROTEZIONE, Trieste, 1996. , p.91-98.
- RAVETTO, P.; CAVAGLIA, D.; COLOMBO, V. et al. Proposta per l'utilizzazione dell'ape come efficiente indicatore di contaminazione radioattiva. *Apicolt. Mod.,Italia*, v.78, p.187-195, 1987.
- SAMPAIO, E.A.B. Pólen apícola - caracterização e processamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., Pousada do Rio Quente, 1994. *Anais... Pousada do Rio Quente: 1994.* p.96-102.
- TONELLI, D.; GATTAVECCHIA, E.; GHINI, S. et al . Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, v.141, p.427-436, 1990.
- WALLNER, K. Varroacides and their residues in bee products. *Apidologie, Paris*, v.30, p.235-248, 1999.