Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 11-17 **ISSN 1809-4791**

Solubilização, Precipitação e Determinação de Massas Moleculares de Colágenos da Bexiga Natatória de Peixes

Oliveira, J. R. S.[1], Venina Vale, V.[1], Costa, M. C. P.[2], Muniz Filho, W. E.[3], Silva, F. C.[4] e Bezerra, C.W.B.[5]

Abstract

Solubilization, Precipitation and Determination of Molecular Weights of Collagens from Swim Bladder Fishes

Swim bladders of the *Cynoscion acoupa*, *Cynoscion leiarchus* and *Arius parkeri* fishes were analyzed, with the objectives of extracting and to determine the solubility and respective molecular weights of their collagens. The collagens were extracted in acetic acid 0.5 mol/L for 48h and determined according to 4-Hydroxiproline methodology. The soluble collagens were precipitated in increasing concentrations of NaCl and analyzed in SDS/PAGE 10% and 12%. The molecular weights of the main fractions were determined by standard curve of standard proteins mobility. The solubilities of the collagens in acetic acid 0.5 mol/L solution were: 4.6±0.6 mg/mL (*Cynoscion acoupa*); 4.1±1.2 mg/mL (*Cynoscion leiarchus*); and 3.4±0.8 (*Arius parkeri*). The main collagen fractions precipitated in NaCl 0.7 mol/L (acid pH). They were also obtained precipitate in the concentrations of NaCl 1.2 mol/L and 3.0 mol/L (acid pH). The molecular weights of the main protein fractions were 83 kDa, for the three species.

Key-words: swim bladder; collagen from fishes; hydroxiproline; solubility; molecular weight.

Introdução

As bexigas natatórias, conhecidas popularmente como grude ou bucho, das espécies Pescada Amarela (*Cynoscion acoupa*), Pescada Branca (*Cynoscion leiarchus*) e Gurijuba (*Arius parkeri*) vêm sendo comercializadas informalmente no litoral do Estado do Maranhão, Brasil, e em outros Estados como o Pará e o Amapá. Segundo os pescadores, essas vísceras são levadas para Belém (PA) de onde são exportadas para diversos países como China, Japão e Alemanha. Em 2001, cerca de 200 toneladas de bexigas natatórias foram exportadas, saindo principalmente pelos portos do Pará e do Amapá. [1,2]

O comércio da bexiga natatória já é motivo de preocupação de alguns Estados: no Amapá, a pesca predatória da Gurijuba vem reduzindo a cada ano o peso deste peixe. Além da questão da

(1) Farmacêutica-Bioquímica.
(2) Depto. de Química e Biologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
(3) Depto. de Patologia, Universidade Federal do Maranhão.
(4) Depto. de Química, Universidade Federal do Maranhão.
(5) Autor para correspondência. Departamento de Química – Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses, S/N, Campus do Bacanga, 65085-580, São Luís-MA. E-mail: cícero@ufma.br

manutenção da biodiversidade, o Estado do Amapá está preocupado com a pirataria já existente em torno da exploração da bexiga natatória. [1]

Na China, a bexiga natatória é utilizada como alimento. Os ingleses a utilizam como matéria-prima para produção de filtro e clareador de cerveja. Nos Estados Unidos e Alemanha, é matéria-prima para cola de alta performance. Após ser transformada em gelatina, a bexiga natatória é utilizada na composição de medicamentos, cosméticos, filmes fotográficos etc.[1]

A bexiga natatória é uma vesícula constituída de tecido conjuntivo fibroso repleto de ar. Sua função é regular a densidade de flutuação dos peixes e, assim, permitir que estes fiquem suspensos na água. [3]

Os colágenos, proteínas fibrosas responsáveis pela força, flexibilidade de diversos tecidos conjuntivos, são largamente usados nas indústrias química e farmacêutica. São empregados principalmente na preparação de cosméticos, alimentos, fios cirúrgicos, gelatina para diversos fins farmacêuticos e, devido a sua baixa resposta imunológica e seu baixo índice de alergicidade, vêm também tendo crescente emprego como biomateriais, substituindo total ou parcialmente tecidos lesados. [4,5]

Embora as principais fontes de colágeno para as indústrias sejam as peles de mamíferos, sobretudo as bovinas e suínas, os colágenos de animais aquáticos têm sido bastante utilizados como matéria-prima para diversos fins. [6]

Dessa forma, devido à grande utilização e importância econômica dos colágenos, bem como a ampla utilização das bexigas natatórias, foram realizados estudos com os colágenos de bexiga natatória. Neste trabalho, foram analisadas as bexigas natatórias das espécies *Cynoscion acoupa*, *Cynoscion leiarchus* e *Arius parkeri*, com o objetivo de extrair e estimar a solubilidade dos colágenos das bexigas natatórias, fracioná-los por precipitação salina e estimar as massas moleculares das principais frações.

Materiais e métodos

Solubilização e quantificação dos colágenos

Foram utilizadas amostras frescas da bexiga natatória das espécies *Cynoscion acoupa* (Pescada Amarela), *Cynoscion leiarchus* (Pescada Branca) e *Arius parkeri* (Gurijuba) adquiridas no comércio de São Luís – MA.

Amostras de bexiga natatória frescas de cada peixe foram cortadas em pequenos fragmentos de tamanho uniforme, lavadas com bastante água corrente e desionizadas. Cerca de 1,0 g de bexiga foi imerso em 20 mL de solução de ácido acético 0,5 mol/L a 4°C por 24 h. Após esse período, foram adicionados 40 mL de solução de ácido acético por mais 24 h a 4°C. O sobrenadante foi recolhido e o resíduo insolúvel foi descartado. Os colágenos presentes nos sobrenadantes recolhidos de cada amostra foram considerados solúveis em ácido acético e o precipitado resultante, fração insolúvel. [7] Para cada amostra, foram realizados 10 ensaios.

A concentração de colágenos solúveis em ácido acético presente nas amostras foi estimada através da avaliação espectrofotométrica da 4-hidroxiprolina (4-Hyp, $C_5H_9NO_3$). O método baseia-se no fato de que esse aminoácido ocorre, natural e apreciavelmente, como constituinte dos colágenos, sendo, porém, bastante raro em outros tecidos. A 4-hidroxiprolina representa, em média, 12% da constituição do colágeno. O teor médio de colágeno foi estimado multiplicando a concentração de Hyp pelo fator 8,3. [8]

Alíquotas de 0,5 mL de colágeno solúvel foram hidrolisadas em 2 mL de NaOH, 2N, a 110 C, por 24 h. As amostras de colágeno hidrolisadas foram neutralizadas com solução de HCl. Em seguida, adicionou-se a cada amostra 1mL da solução de Cloramina T 0,056 mol/L e, após 20 minutos, 1 mL de Reagente de Ehrlich (1,0 mol/L). As amostras foram deixadas por 15 minutos em banho-maria a 60°C. Os valores das absor-

bâncias das respectivas soluções foram medidos a 560 nm. Os valores obtidos foram interpolados em uma curva analítica de 4-Hyp nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 g/mL.

Precipitação seqüencial salina dos colágenos

Os colágenos solubilizados em ácido acético por 48h foram submetidos ao processo de precipitação seqüencial salina em pH ácido e neutro.[7]

Os colágenos solúveis foram, inicialmente, precipitados a 0,7 M de NaCl, em pH 2,5. Após a centrifugação, os precipitados foram recolhidos e aos sobrenadantes foram adicionados cristais de NaCl até a concentração de 1,2 mol/L. As soluções foram novamente centrifugadas e os novos precipitados recolhidos. Aos sobrenadantes foram adicionados NaCl até obter a concentração de 2,0 mol/L. Os precipitados foram, novamente, recolhidos após as centrifugações e aos sobrenadantes foram adicionados mais NaCl até a concentração de 3,0 mol/L. Os precipitados obtidos foram novamente recolhidos e os sobrenadantes descartados.

O fracionamento em pH neutro foi realizado nos primeiros precipitados obtidos a 0,7 mol/L de NaCl. Esses foram redissolvidos numa solução de NaCl 1,0 mol/L Tris-HCl 0,05 mol/L, pH 7,5 e, então, centrifugados. Aos sobrenadantes foram adicionados cristais de NaCl até 1,5, 2,5, e 4,5 mol/L consecutivamente e os precipitados recolhidos. Todas as precipitações foram realizadas em banho de gelo e as centrifugações foram realizadas a 1500 rpm por 40 minutos a 4°C.

Eletroforese das frações colágenas

Os ensaios foram realizados por Eletroforese em Gel de Poliacrilamida/SDS (SDS/ PAGE), de acordo com a técnica descrita por Laemmli[9]. Foram utilizados Acrilamida 29% (p/v) e N,N'-metilenobis-acrilamida 1% (p/v); SDS. 10% (p/v); Persulfato de amônio 10% (p/v); Tampão do Gel de Concentração Tris 1,0 mol/L-HCl, pH 6,8; Tampão do gel e Separação Tris 1,5 mol/L-HCl, pH 8,8; Tampão de Amostra Tris 0,1 mol/L-SDS 4% (p/v)-Azul de Bromofenol 0,2% (p/v)-Glicerol 20% (v/v)-b-mercaptoetanol 0,2 mol/L, pH 6,8; Tampão de Corrida Tris 0,025 mol/L-Glicina 0,25 M-SDS 0,1% (p/v), pH 8,3.

As amostras obtidas durante a solubilização dos colágenos e precipitação seqüencial salina foram dialisadas em água destilada. Foram adicionados 50 L de tampão para 100 L de cada amostra. Essas amostras foram colocadas em banho-maria a 100°C por 15 minutos para desnaturação das proteínas.

Foram preparados Géis de Separação 10% e 12%, e Gel de Concentração 5%. Aplicou-se 25 L de amostra em cada "poço" e os padrões de proteínas com as seguintes massas moleculares (kDa): 97,0; 66,0; 55,0; 42,7; 40,0; 21,5 e 14,4 no gel de poliacrilamida a 12%. Inicialmente, uma voltagem de 70 V foi aplicada no gel de concentração e, posteriormente, 150 V no gel de separação. Os géis foram corados em Coomassie Brilliant Bue R-250 0,25 % (p/v) e descorados em solução Metanol: Ácido Acético: Água (5:1:4) por uma noite.

A distância de migração das proteínas padrões no gel de poliacrilamida foi medida para o cálculo dos valores de mobilidade relativa (Rf). A curva analítica dos valores deRf contra os logs das massas moleculares (MM) dos padrões foi utilizada para estimar as massas moleculares das frações colágenas.

Resultados e discussão

As análises de solubilidade foram realizadas por espectrofotometria na região do Uv-vis, através da quantificação da 4-hidroxiprolina. Na Figura 1, está ilustrada uma das curvas analíticas obtidas. Em todos os ensaios, o coeficiente de correlação

(R) sempre se manteve bastante próximo da unidade (~ 0,9998).

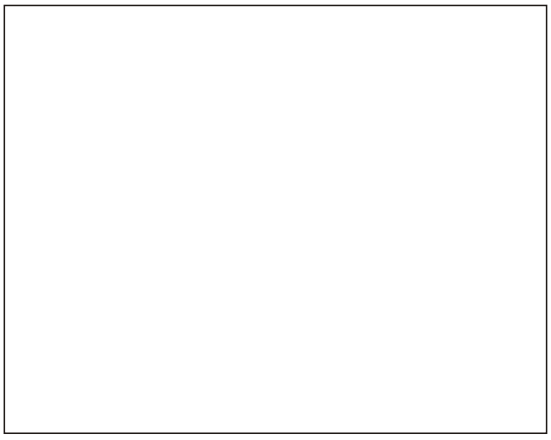


Figura 1. Curva analítica para a 4-Hidroxiprolina (4-Hyp). A = -0,008 + 1,989C (R = 0.9998).

Na Tabela 1, estão apresentadas as médias das solubilidades determinadas para as amostras em questão.

Tabela 1. Solubilidade dos colágenos da bexiga natatória dos peixes *C. acoupa*, *C. leiarchus* e *A. parkeri* em ácido acético 0,5 mol/L (n=10).

PEIXES	**Cynoscion acoupa**	**Cynoscion leiarchus**	**Arius parkeri**
Solubilidade dos colágenos em ácido acético (mg/mL)	4,60,6;	4,11,2;	3,40,8;

Os resultados obtidos demonstram que os colágenos presentes na bexiga natatória dos peixes *C. acoupa*, *C. leiarchus* e *A. parkeri* apresentam alta solubilidade, comparados com outras fontes de colágenos, em ácido acético 0,5 mol/L. [7]

Esses resultados podem ser racionalizados considerando que as moléculas individuais de colágeno podem associar-se espontaneamente, sobrepondo-se à molécula adjacente, para formarem fibrilas de colágeno, cujo arranjo fibrilar é estabilizado por ligações cruzadas entre as moléculas. [10] Essas ligações reforçam a formação das fibrilas de colágenos. A quantidade e os tipos de ligações variam de tecido para tecido: os colágenos possuem um altíssimo número de ligações cruzadas [11], as quais estão diretamente relacionadas com a solubilidade dos mesmos. [12]

As ligações cruzadas imaturas conferem aos tecidos uma maior solubilidade em ácidos orgânicos diluídos e uma maior sensibilidade ao calor. Por outro lado, os tecidos cujas ligações cruzadas predominantes são do tipo maduras apresentam colágenos menos solúveis e menos sensíveis ao calor. Essas ligações são formadas no decorrer da vida dos animais. Em tecidos conjuntivos de mamíferos, ocorre um aumento progressivo de ligações cruzadas maduras com o avanço da idade. Já em peixes, a velocidade de formação de ligações cruzadas do tipo maduras parece ser extremamente lenta, com o conseqüente acúmulo de ligações do tipo imaturas. [12,13]

Segundo estudos de Hickman et al. [14], altos níveis de ligações cruzadas do tipo imaturas, presentes nos colágenos das bexigas natatórias de peixes de águas profundas, explicam a alta solubilidade dessas moléculas em ácido acético. Esses dados foram confirmados nos experimentos realizados com as bexigas natatórias de espécies de peixes tropicais em estudo. Já a solubilização dos colágenos de mamíferos requer extrações exaustivas através de digestão enzimática, com uso de pepsina, embora essa não consiga ainda solubilizar todo o colágeno presente no tecido e, para alguns tecidos, a fração de colágeno obtida ainda é muito baixa.[15] Há também uma considerável diferença de solubilidade dos colágenos entre os diversos tecidos de uma mesma espécie. A pele e a bexiga natatória do bacalhau são constituídas por fibras opacas que se dissolvem facilmente em ácido acético diluído. No entanto, as esca-

mas do mesmo peixe são rígidas, translúcidas e quase insolúveis. [7]

Um outro ponto que deve ser considerado é a organização tecidual das vesículas natatórias. Em um trabalho recente, [16] foi demonstrado que a bexiga natatória da Gurijuba apresenta uma estrutura morfológica diferente das bexigas das Pescadas. Essa diferença tecidual pode ser responsável pela variação encontrada nos valores de solubilidade das amostras analisadas.

Os resultados do fracionamento dos colágenos por precipitação salina foram bastante semelhantes para todas as amostras. Os precipitados obtidos apresentaram aspecto esbranquiçado e gelatinoso. A maior parte dos colágenos foi precipitada, inicialmente, em NaCl 0,7 mol/L. Esse primeiro precipitado foi neutralizado em solução tampão NaCl 1,0mol/L-Tris 0,05 mol/L, pH 7,5. Nas concentrações seguintes (1,5, 2,5 e 4,5 mol/L NaCl), em pH neutro, não foram obtidos novos precipitados. O sobrenadante ácido (pH 2,5), resultante da primeira precipitação em NaCl 0,7 mol/L, forneceu novos precipitados nas concentrações de NaCl 1,2 mol/L e 3,0 mol/L.

A concentração de NaCl 0,7 mol/L é a mais adequada para a precipitação de colágenos de peixes. Nos estudos de Giraud-Guille *et al.*[17], os colágenos extraídos da pele de peixes foram purificados através de precipitação em NaCl 0,7 mol/L, o que reforça os resultados obtidos no presente trabalho.

O perfil eletroforético das amostras obtidas através de extração em ácido acético (colágenos solúveis e precipitado salino) nos permitiu a visualização de várias frações protéicas. Esse resultado está ilustrado na Figura 2.

A Figura 3 mostra a curva analítica do gel de poliacrilamida 12%, a partir da qual foram estimadas as massas moleculares das principais frações colágenas.

Como mostra a Figura 2, no gel de poliacrilamida 12%, as amostras de colágenos solúveis em ácido acético forneceram um maior número de frações (várias bandas) que as amostras precipitadas em NaCl 0,7 mol/L. Esse resultado demonstra uma purificação das amostras de colágeno solúvel através da precipitação salina. Nas amostras de colágenos solúveis, observaram-se proteínas de altas e baixas massas moleculares (> 40 kDa e < 40 kDa, respectivamente), ao passo que, nos precipitados, observou-se, predominantemente, a presença de proteínas de alta massa molecular (> 40 kDa). As

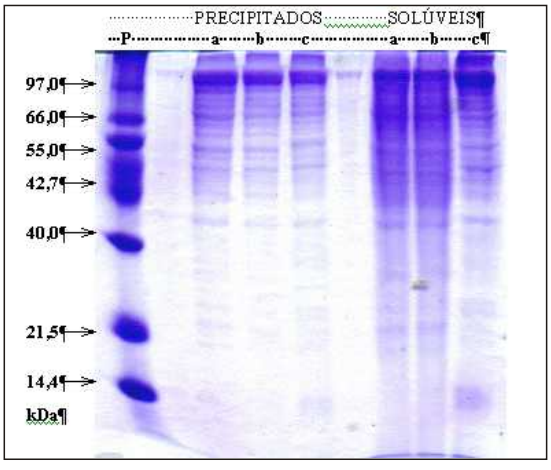


Figura 2. Padrão eletroforético em SDS/PAGE 12% dos colágenos solúveis e precipitados em NaCl 0,7 mol/L da bexiga natatória da *C. acoupa* (**a**), *C. leiarchus* (**b**) e *A. parkeri* (**c**). Proteínas padrões (**P**) em kDa.

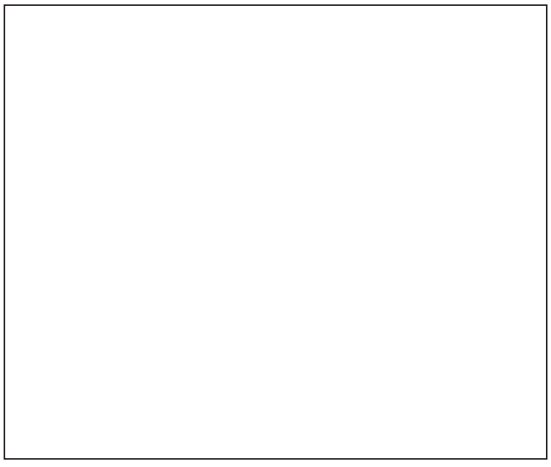


Figura 3. Curva analítica de massa molecular de proteínas no gel de poliacrilamida 12%. Log MM = 1,9870 – 0,0084R_{rel} (R = 0,9844).

principais frações colágenas identificadas em todas as amostras apresentaram massa molecular semelhante, de cerca de 83 kDa, correspondendo, provavelmente, ao mesmo tipo de colágeno. No trabalho de Giraud-Guille *et al.*[17], os colágenos solúveis, obtidos da pele de peixes, após precipitação em NaCl 0,7 mol/L, e analisados em SDS/PAGE 15%, indicaram a presença de várias bandas protéicas, cujos pesos moleculares variaram entre 30 e 100 kDa. As bandas observadas no referido trabalho foram bastante semelhantes às obtidas no presente estudo.

Os tipos de colágenos presentes nas amostras não são facilmente identificados através apenas de suas massas moleculares. As variações na seqüência de aminoácidos das cadeias a do colágeno resultam em componentes estruturais com propriedades diferentes, mas de tamanho bastante similar, e, portanto, com massas moleculares também semelhantes. No entanto, nos trabalhos de Kubota [7] foram identificados alguns tipos de colágenos em músculo de peixes, os quais apresentaram massas moleculares de cerca de 80 a 90 kDa. No presente estudo, as principais frações colagenosas observadas em SDS/PSGE 12%, em todas as amostras, apresentaram peso molecular de cerca de 83 kDa, o que reforça a predominância de material colagenoso tanto nas amostras de colágeno solúvel quanto nas amostras de colágeno precipitado em NaCl.

Na Figura 4, podemos observar a eletroforese em gel de poliacrilamida 10% realizada com os colágenos solúveis em ácido acético com as frações obtidas durante a precipitação seqüencial salina.

De acordo com os resultados observados em SDS/PAGE 10%, os colágenos solúveis e as frações obtidas durante a precipitação seqüencial salina apresentaram mobilidade eletroforética bastante semelhante entre elas. Esse estudo indica que a bexiga natatória das espécies estudadas apresenta, provavelmente, a mesma composição colágena, o que pode justificar a predileção dos importadores pelas bexigas da Pescada Amarela, Pescada Branca e da Gurijuba.

Conclusão

Os resultados apresentados neste estudo permitem as seguintes conclusões: (i) a bexiga natatória das espécies *C. acoupa*, *C. leiarchus* e *A. parkeri* é constituída por tecido rico em colágenos, os quais são bastante solúveis em soluções de ácido acético diluído; (ii) as principais frações protéicas observadas em SDS/PAGE 12 % apresentaram massas moleculares de cerca de 83 kDa; (iii) os colágenos solúveis em ácido acético precipitam, predominantemente, em NaCl 0,7 mol/L; (iv) os colágenos presentes em todas as espécies apresentam

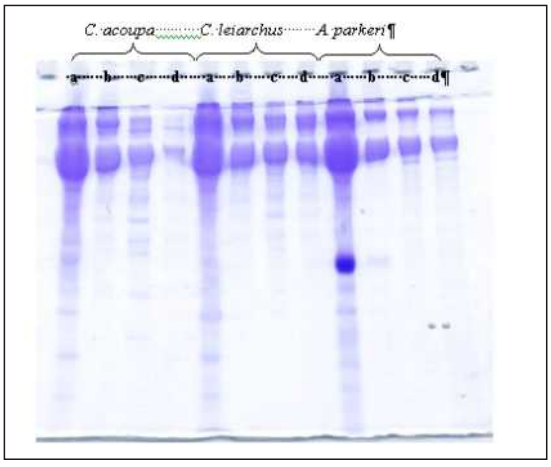


Figura 4. Padrão eletroforético em SDS/PAGE 10% dos colágenos solúveis e precipitados em NaCl da bexiga natatória da *C. acoupa*, *C. leiarchus* e *A. parkeri*. **a-**Colágeno solúvel; **b-**Precipitado em NaCl 0,7mol/L (pH 7,5); **c-**Precipitado em NaCl 1,2mol/L (pH 2,5) **d-**Precipitado em NaCl 3,0 mol/L (pH 2,5).

mobilidades eletroforéticas semelhantes entre si, indicando similaridade com relação à composição colágena.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Banco da Amazônia S. A. (BASA) e ao CNPq, através do convênio CNPq-UFMA (PIBIC), pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

Referências

1. Coutinho, L. Garimpeiros de alto mar: pescadores se arriscam para buscar o valioso grude, mas nem sabem para que serve. *Veja*, 13 de fevereiro de 2002: 57-57.

2. Morais, B. Vísceras de peixes são exportadas para o Japão. *Jornal O Estado do Maranhão*, 30 de março de 2000: 4.

3. Raven, P. H.; Johnson, G. B. Biology. 5.ed. Boston: McGraw-Hill, 1999.

4.Rao, K. P. Recent developments of collagen-based for medical application and drug delivery system. *Journal of Biomaterials Science Polymer,* 1995, 7: 623-645.

5. Le Hir A. Noções de Farmácia Galênica. 6.ed. Rio de Janeiro: Andrei, 1997.

6. Nomura, Y.; Sakai, H.; Ishi, Y.; Shirai, K. Preparation and some properties of type I collagen from fish scales.*Biosci. Biotech. Biochem*, 1996, 60 (12): 2092-2094.

7. Kubota, E. H. Novos Colágenos em Peixes. Dissertação (doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Brasil, 1997.

8. Reddy, G. K.; Enwemeka, C. S. A simplified method for the analysis of hydroxiproline in biological tissue. *Clinical Biochemistry,* 1996, 29: 225-229.

9. Laemmli, U. K. Clevage of strutural proteins during the assembly of the head of bactereopage T4, *Nature,* 1970, 227: 680.

10. Champe, P.C.; Harvery, R. A. Bioquímica ilustrada. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

11. Alberts, B.; Dennis, B.; Julian, L.; Martin, R.; Keith, R.; Watson, J. D. Biologia Molecular da Célula. 3.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

12. Bailey, A. J. Comparative studies on the nature of the crosslinks in the collagen of various fish tissues. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1970, 221: 652-656.

13. Cohen-Solal, L.; Le Lous, M., Allain, J. C.; Meunier, F. Absence of maturation of collagen crosslinks in fish skin?. *FEBS Letters*, 1981,123(2): 282-284.

14. Hickman, D.; Sims, T. J.; Miles, C. A.; Bailey, A. J.; Mari, M.; Koopmans, M. Isinglass/collagen: denaturation and functionality. *Journal of Biotechnology*, 2000, 79: 245-257.

15. Laurent, G. J.; Cockerill, P.; Mcanulty, R. J.; Hastings, J. R. B. A simplified method for quantification of the relative amounts of type I and type III colagen in small tissue samples. *Analitical Biochemistry,* 1981, 113: 301-312.

16. Oliveira, J. R. S.; Vale, V.; Bezerra, C. W. B. Aspectos estruturais e solubilidade de fibras colágenas de bexigas natatórias de peixes tropicais

(*Cynoscion acoupa*, *Cynoscion leiarchus* e *Arius parkeri*). Resultados não publicados.

17. Giraud-Guille, M. M.; Besseau, L.; Chopin, C.; Durand, P.; Herbage, D. 2000. Structural aspects of fish skin collagen which forms ordered arrays via liquid crystalline states. *Biomaterials*, 2000, 21: 899-906.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 19-24 **ISSN 1809-4791**

Atividade Inseticida de Extratos Vegetais sob Ovos de Curuquerê (*Alabama Argillacea*)

Nilene Rodrigues dos Santos[(1)] *e*
Andreia de Sousa Guimarães

Abstract

Evaluation of the Toxicant Activity of Vegetable Extracts under Eggs of Curuquerê (*Alabama Argillacea*)

In the cotton culture one of the factors limitantes for the exploration of this culture is the presence of curses, being one of the responsible principal in the fall in the production. The curuquerê, *Alabama argillacea* is an important curse in a lot of areas of Brazil. Alternatives can be developed to combat the insect. The objective of this work was to evaluate the toxicant activity of vegetable extracts under eggs of curuquerê. The work it was led at the Laboratory of Entomology of Embrapa - Cotton. 100 eggs of *A. argillacea* were used, individualized in plates of Petri. The Applications in the eggs were made with costal pulverizer, being used the following treatments: 1 - *Nerium oleander* (Espirradeira) 2 - *Azadirachta indica* (Nim); 3 - *Ricinus communis* (Castor oil plant), 4 - *Piper nigrum* (Black pepper) and the witness. After 24 hours we observed the index of viability of the eggs submitted to the treatments described above. With the obtained results we can verify that there was a smaller viability index in the treatment 2 - *Azadirachta indica*, being indicated in the Integrated Handling of Pragues. The treatments 1 - *Nerium oleander* and 4 - *Piper nigrum* presented less efficient in the topical control.

Key-words: vegetable extract; *Alabama argillacea*; viability.

Introdução

O algodoeiro é uma lavoura cultivada em mais de setenta países distribuídos por todos os continentes. De grande expressão socioeconômica para os setores primário e secundário, o algodão tem como principal finalidade a obtenção de fibras e caroços, embora, em algumas regiões, suas folhas sejam utilizadas na alimentação animal [1,2].

Os insetos-pragas do algodão são fatores limitantes para a exploração dessa cultura, sendo um dos principais responsáveis na queda de produção das mesmas. O Curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea*, é uma praga importante em muitas regiões do Brasil [3].

No Nordeste, o seu ataque pode iniciar-se uma ou duas semanas após a emergência das plântulas, onde chega a causar prejuízos totais ou parciais à cultura pela redução da área foliar, destroindo totalmente as folhas, deixando apenas as nervuras [4,5].

(1) Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande, do Departamento de Engenharia Agrícola. Rua:João Pequeno, 596, Catolé. CEP: 58104-655 Campina Grande – PB. Fone: (83) 337-2237. E-mail: nileners@yahoo.com.br

O método de controle mais utilizado para *A. argillacea* e as demais pragas do algodoeiro tem sido o químico, que, com as intensas aplicações com inseticidas nas lavouras, vem provocando desequilíbrio ecológico, podendo, ainda, contaminar os recursos hídricos e deixar resíduos tóxicos ao ser humano [6]. A necessidade de combate às pragas, em decorrência dos danos causados por estas, e, conseqüentemente, a diminuição de produtividade determinaram o desenvolvimento de uma tecnologia de controle fitossanitário por meio de produtos químicos. Notadamente, a partir da década de 1970, verifica-se uma agricultura em que se usa intensivamente agrotóxicos e fertilizantes químicos, no entanto a intoxicação de trabalhadores rurais por uso incorreto de agrotóxicos e o crescimento da demanda por produtos naturais vêm fazendo com que muitos agricultores abandonem o cultivo convencional [7].

Segundo Carmo e Magalhães[8], a agricultura orgânica tem-se apresentado muito mais como uma eficiência de mercado do que como uma eficiência técnica (volume, diversidade e constância de produção). Assim, destaca-se a importância da contribuição das instituições de pesquisa agropecuária na geração e validação das práticas de produção orgânica, lembrando que muitas práticas, já em uso, dos agricultores requerem validação científica [9].

O uso de substâncias isoladas de plantas, com a atividade frente às pragas de sistemas agrícolas, atuando na supressão e deterrência, como inseticidas, nematicidas, entre outras, constitui uma alternativa de controle fitossanitário que pode minimizar os efeitos das aplicações anômalas de produtos sintéticos altamente tóxicos que geram desequilíbrios e contaminação nos ecossistemas [10].

As plantas podem atuar no metabolismo do inseto através de algumas substâncias, dentre as quais destacam-se a nicotina, o piretro, a rotenona, as quais são utilizadas, inclusive como inseticidas [11].

Extratos de folhas e de sementes de *Azadiracta indica* e *Melia azedarach* contêm cerca de quatro compostos ativos, dos quais, azadiractina, salanina, meliantriol e nimbim são os principais e que possuem comprovada ação inseticida[12,13]. Este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade tóxica de extratos vegetais sob ovos de curuquerê-do-algodoeiro (*Alabama argillacea)*.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Embrapa-CNPA – Paraíba, em condições de laboratório (25^{O}C, UR 60% e fotofase de 14h.), utilizando-se extratos (Tabela 1), obtidos das espécies de folhas de *Azadiracta indica*; *Nerium oleander; Piper nigrum Ricinus communis*.

Para a obtenção dos extratos (Figura 1), o material vegetal coletado foi levado para o laboratório, submetendo-se a uma lavagem com água para a retirada de detritos, sendo, em seguida, seco em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de 60 $\pm$ 1^{0} C até peso constante. O material seco foi triturado em moinho elétrico até o completo polvilhamento. Os extratos foram obtidos a partir de 500 g do pó de cada uma das plantas utilizadas para a extração a frio por percolação. Os procedimentos adotados para a extração foram adaptados de Prista & Alves [14], o solvente empregado na diluição foi o álcool etílico com 92,8 graus transformado para 70% v/v (354 ml de água destilada e 646 ml de álcool), utilizando a seguinte fórmula:

$$X \quad \frac{VG'}{G}$$

Onde:

V = Volume do álcool que se quer obter
G` = Grau do álcool que se quer obter
G = Grau do álcool a ser diluído
X = Quantidade de solvente para grau desejado

Em seguida, o pó de cada espécie foi previamente umedecido na solução hidroalcoólica (70 % v/v), depois introduzido no percolador forrado com uma camada de 3 a 4 cm de algodão hidrófilo, em pequenas proporções, sendo comprimidos com o auxílio de um calcador. Quando todo o material foi introduzido no percolador, colocou-se um disco de papel de filtro na superfície do material vegetal e sobre este um disco de metal perfurado, para evitar que a adição do solvente provocasse crateras no material vegetal e levantasse as partículas do pó já comprimidas. Em seguida, adicionou-se de 2 a 3 cm da mistura hidroalcoólica, sendo mantida a torneira do aparelho aberta até o solvente começar a escoar pelo tubo. No momento em que foi fechada a torneira e tampado o percolador, iniciou-se a fase de maceração por um período de 24 horas, permitindo, assim, uma completa embebição do material vegetal e a dissolução dos constituintes ativos. Terminada a maceração, a torneira foi aberta e regulada em 20 gotas por minuto (percolação propriamente dita). A operação extrativa foi finalizada quando as últimas gotas de extrato saíram do percolador praticamente incolor e sem cheiro.

Para a aplicação dos extratos vegetais na análise da viabilidade dos ovos, estes foram retirados de posturas de insetos adultos, mantidos em gaiolas de PVC de 20cm de altura e 19,5cm de diâmetro, forradas com papel absorvente, sendo a parte superior coberta com tecido tipo "voal". A parede interna das gaiolas foi revestida com papel branco para facilitar a retirada das posturas. Cada gaiola constou de cinco casais alimentados diariamente com folhas de algodoeiro *(Gossypium hirsutum*). A cada dois dias, os papéis contendo as posturas foram retirados, transferidos e individualizados nas placas de petri n = 20 para a aplicação dos extratos vegetais. Os ovos individualizados de *A. argillacea* foram pulverizados com um pulverizador costal e observada diariamente a viabilidade dos ovos.

Para a análise dos dados, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial (4 extratos e 1 concentração)

Figura 1. Fluxograma da obtenção dos extratos brutos.

com 20 repetições. As médias entre os tratamentos foram pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Tabela 1. Material vegetal utilizado no estudo.

Nome científico	Nome vulgar	Indicação	Parte utilizada
Azadiracta indica	Nim ou Neem	Inseticida	Folha
Nerium oleander	Espirradeira	Inseticida	Folha
Piper nigrum	Pimenta-do- Reino	Inseticida	Semente
Ricinus communis	Mamona	Inseticida	Folha

Análise fitoquímica preliminar

Em frascos de vidro, foram colocados 100 mL dos extratos brutos de cada espécie vegetal, sendo levados à estufa de circulação de ar, regulada a temperatura de 40 ºC, para a eliminação do solvente e obtenção do extrato bruto seco. Depois da concentração dos extratos, estes foram submetidos a reações químicas específicas (Tabela 2), com a finalidade de caracterizar os principais grupos de substâncias com princípios inseticidas, presentes nas mesmas [15].

Tabela 2. Reações químicas empregadas na obtenção de grupos químicos de ação inseticida dos extratos vegetais.

Grupos químicos	Reações
Alcalóides	Dragendorff (Iodo-Bismutato de Potássio) e Mayer (Iodo-Mercurato de Potássio).
Flavonóides	Cloreto de alumínio e Oxalo-Bórica
Taninos	Cloreto Férrico e Acetato de Chumbo

Resultados e discussão

De acordo com os dados (Tabela 3), verifica-se que o índice de viabilidade dos ovos por efeito tópico dos extratos vegetais foi apresentado em menor valor de eclosão no tratamento 2 – *Azadirachta indica*. Atualmente, a família *Meliaceae* vem se destacando como fonte de plantas inseticidas, dentre as diversas famílias botânicas, tanto pelo número de espécies vegetais com atividade inseticida como pela eficiência de seus extratos. Nessa família, inclui-se *Azadirachta indica* [16,17,18,19]. A mesma possui mais de 50 compostos terpenóides, a maioria de ação sobre os insetos. Todas as partes da planta possuem esses compostos tóxicos, porém é na semente que se encontra a maior concentração. Esses compostos são solúveis em água e podem ser preparados de maneira simples e barata por pequenos e médios produtores, sendo praticamente inócuos aos vertebrados e ao homem [20].

Seguindo-se os tratamentos 1 – *Nerium oleander* e 4 – *Piper nigrum,* observou-se maiores índices de eclosão. Com isso, pôde-se comprovar um considerável poder de toxidade dos extratos, sendo uns mais eficientes que outros, mostrando, assim, um método alternativo para o controle de pragas.

Tabela 3. Análise do índice de viabilidade de ovos de *A. argillacea*, após 24 h de aplicação dos extratos vegetais.

Variáveis	24 h.
Nerium oleander	0,75ab
Azadirachta indica	0,50b
Ricinus comunis	0,70ab
Piper nigrum	0,75ab
F	3,61
C.V (%)	56,65

Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Turkey, a 5% de probabilidade.

Estudo fitoquímico

O estudo fitoquímico dos extratos hidroalcóolicos testados comprovam, em uma análise geral, à presença de substâncias naturais com potenciais inseticidas. Possivelmente, a

toxidade acentuada atribuída aos extratos deva-se a presença e ação dos grupos químicos (Tabela 4), onde o extrato de *Azadirachta indica* obteve um baixo índice de viabilidade, isso é justificado por apresentar concentração de grupos químicos nas folhas. Análises químicas utilizando cromatografia (método mais específico) podem revelar resultados mais precisos destas ações. Em várias espécies vegetais, existe uma série de compostos secundários que atuam como alomônios, tais como os conhecidos triterpenóides (azadiractina), alcalóides, taninos, flavonóides, esteróides [21].

Tabela 2. Estudo fitoquímico dos extratos vegetais estudados.

Extrato hidroalcóolico	Alcalóides	Flavonóides	Taninos
1. *Azadirachta indica*	+	+	-
2. *Piper nigrum*	+	+	-
3. *Ricinus communis*	-	+	-

Convenções: + (presença)
- (ausência)

Conclusão

De acordo com os resultados, pôde-se verificar que houve um menor índice de viabilidade no tratamento 2 - *Azadirachta indica*, sendo indicado no Manejo Integrado de Pragas. Os tratamentos 1- *Nerium oleander* e 4 - *Piper nigrum* apresentaram-se menos eficientes no controle tópico com relação à eclosão dos ovos. Os ovos utilizados no tratamento T (testemunha), nas primeiras 24 h., mostraram-se viáveis, ou seja, eclodiram, justificando, assim, o efeito tóxico dos extratos.

O extrato de *Azadirachta indica,* que atuou com maior eficiência em ovos de *Alabama argillacea*, possui grupos químicos: alcalóides, flavonóides, com propriedades inseticidas que justificam essa ação.

Referências

1. Nakamae, I. J; Pastrello, C. P. ed. Agrinual 99 – São Paulo: Argos Comunicação. 1999. 521p.

2. Richestti, A; Melo Filho, G. A. In: Algodão: Informações técnicas. Dourados, Embrapa, CPAO, 1998. P. 11-25. (Embrapa – CPAO. Circular técnico, 7).

3. Silva, C.A.D.; Ramalho, F.S.; Almeida, R.P. Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1997.(Folder).

4. Braga Sobrinho, R.; Almeida, R.P.de; Mesquita, C.K. de; Araújo, L. H.A. Estudo de sistemas de amostragem para o curuquerê do Algodoeiro. In: Reunião Nacional do Algodão, 6. 1990. Campina Grande. Resumos.Embrapa/CNPA,1990.P.43.

5. Passos, S. M. de G. & Cruz, V. R. As pragas da cultura do algodão e os controles convencionais e integrados. Campinas: CATI, 1985. p. 36. (Comunicado Técnico).

6. Gallo, D.; Nakano, O. ; Silveira Neto, S. ; Carvalho, R. P. L.; Batista, G. C. ; Berti Fillo, E. ; Parra, J. R. P. ; Zucchi, R. A. & Alves, S. B. Manual de Entomologia Agrícola. 1988.

7. Fajardo, E. Agricultura orgânica. Diga Lá/SENAC. Rio de Janeiro, ano 6. p.18-22. n.22. 2001.

8. Carmo, M.S. do; Magalhães, M.M. de. Agricultura sustentável: avaliação da eficiência técnica e econômica de atividades agropecuárias selecionadas no sistema não convencional de produção. Informações Econômicas. São Paulo: IEA, v.29, n.7, p.75 -98, 1999.

9. Campanhola, C.; Valarini, P.J. O que a agricultura orgânica é e o que não é. Agroecologia Hoje. São Paulo, ano 2, n.11, p.13, nov. 2001.

10. Jacobson, M. Botanical Pesticides: past, present and future. In: Arnason, J.T.; Philogene, B. J.R.; Morand, P. Iseticides of plant origin. Washing tren: American Chemical Sociely, 1989. cap.1, p. 1–7.

11. Araújo. A.M.B. Repelência e Toxicidade de Extratos Vegetais sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E.Smith), (Lepidoptera: Noctuidae). Dissertação de Mestrado, PRODEMA, Campina Grande. 1999. 106p.

12. Schanutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree. Annual Review of Entomology, v.35, p. 271-297, 1990.

13. Huang, R.C., Zhou, J.B., Suenaga, H. et. al . Insect anti-feedingproperty of limonoids from Okinawan and Chinese Melia azedarachL., and from Chinese Melia tosendan (Meliaceae). Bioscience, Biotecnology and Biochemistry, v.59, p.1755-1757, 1996.

14. Prista, L.N.; Alves, A.C.M.; In: Tecnologia Farmacêutica. 4 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. p. 1065 -1078.

15. Matos, F.J. Introdução à Fitoquímica Experimental. 2ª edição. Fortaleza - CE. UFC. 1997 141p.

16. Schmutter, H. 1988. Potencial of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and Industrialized countries. J. Insect Physiol. 34: 713-719.

17. Koul, O.; M. B. I & C. M. Ketkar. 1990. Properties and uses of neem, Azadirachta indica. Can. J. Bot. 68: 1-11

18. Mordue (Luntz), A. J. & A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: an update. J. Insect Physiol. 39:903-924.

19.Vendramim, J.D. 1997. Uso de plantas inseticidas no controle de pragas. Ciclo de Palestras sobre Agricultura Orgânica, 2, Campinas: 1997. Campinas: Fundação Cargill, p. 64-69.

20. Mordue, A. J.; Nisbet.A.J. Azadirachtin from the Neem Tree Azadirachta indica: its Actions Against Insects. Brasil n. 29, p.615-632. 2000.

21. Panizzi, A.R.; Parra, J. R. P. Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo, Manole/CNPq. 1991. p. 359.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 25-30 **ISSN 1809-4791**

Termogravimetria de Ácidos Húmicos em Solos sob Diferentes Sistemas de Uso

Valdinar Ferreira Melo[(1)], Carlos Ernesto R. G. Schaefer[(2)], e João Bosco Lemos Júnior[(3)]

Abstract

Thermogravimetry of Humic Acids in Soils on Different Use Conditions

The thermal stability of humic acids of soils submitted to different management systems that consist of pastures, banana planting, corn planting, burned forest and not burned forest areas, was determined in humics acids purified samples and analysed by thermogravimetry, with temperature that varied from 100 to 690 ºC. The decomposition thermograms of humic acids show larger resistance of the organic structures to break by temperature effect, indicating larger of humic acids aromaticity. The areas that suffered burns effect presented organic structures with larger aromaticity degree, manifested by the largest resistance to thermodecomposition in temperature above 350 ºC.

Key-words: Humic substance, agriculture, florets, fire use.

Introdução

Práticas de manejo dos solos interferem no equilíbrio natural dos ecossistemas, alterando os componentes orgânicos, tanto em qualidade quanto em quantidade, resultando numa dinâmica química e física diferente das condições originais, com conseqüências positivas ou negativas sobre o solo.[1] As mudanças nos ecossistemas naturais em função da ação antrópica, com o uso do fogo, interferem na ciclagem dos nutrientes, na fertilidade do solo[2] e na composição das substâncias húmicas[3], podendo ter conseqüências no balanço de CO_2 da atmosfera[4], dependendo da magnitude dos impactos.

As substâncias húmicas são caracterizadas em função das suas estruturas e reatividade, separadas com base em suas características de solubilidade em diferentes pHs, e classificadas como humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos.[5] Seus estudos quantitativos e qualitativos são efetuados através de fracionamento e purificações por processos físico-químicos, usando-se soluções alcalinas e ácidas e caracterização espectroscópica.[1]

Os ácidos húmicos são substâncias com macromoléculas com predomínio de estruturas aromáticas de extrema complexidade, desem-

(1) Professor Adjunto do Departamento de Solos e Irrigação, UFRR. D.S. em Solos e Nutrição de Plantas. E-mail: valdinar@yahoo.com.br
(2) Professor Adjunto do Departamento de Solo, UFV. Ph.D. em Solos Nutrição de Plantas. E-mail: carlos.schaefer@ufv.br
(3) Estudante de Agronomia. UFV.

penhando função nas características comportamentais não somente do solo como da água.[6]

A Colônia do Apiaú, no município de Mucajaí, RR, é um dos núcleos de colonização com maior ação antrópica, tendo como base a exploração madeireira extrativista e uma pecuária extensiva, renovada com o uso do fogo. O modelo agrícola regional é do tipo itinerante com roças de milho, feijão, algumas hortaliças e plantio de banana.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento dos ácidos húmicos em função do manejo adotado pelos colonos e das queimadas nas áreas de assentamento da região do Apiaú, Estado de Roraima, utilizando a técnica da termogravimetria.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Colônia Agrícola do Apiaú, Município de Mucajaí, região central do estado de Roraima, localização conforme Figura 1. Foram selecionadas áreas em função das características ambientais e do tipo de manejo adotado, compreendendo solos com pastagens, fruticultura, culturas anuais, mata nativa queimada e mata nativa não queimada, localizadas nas estradas vicinais 2, 7, 8 e 10. Os ambientes de mata foram selecionados para efeito comparativo com os tipos de manejos adotados, bem como da decorrência de um fogo acidental que queimou boa parte das matas e áreas agricultadas da região em estudo.

As informações sobre as práticas de manejo empregadas foram obtidas por meio de entrevistas com os proprietários de cada área, separando-se áreas em quatro classes, em função da idade e do tipo de uso:

Sítio 1 – Pastagem de *Braquiaria humidicola* + *Braquiaria brizantha* em Gleissolo Háplico Distrófico (PBhb1), Pastagem de *Braquiaria humidicola* + *Braquiaria brizantha* em Argissolo Amarelo Distrófico (PBhb2), ambos em uso por dez anos, Mata não queimada (MNQ1), Mata queimada (MQ1) e Plantio de milho (PM) por dois anos em Argissolo Amarelo Distrófico, localizados na vicinal 08;

Sítio 2 – Pastagem de *Braquiaria humidicola* em Gleissolo Háplico Distrófico (PBh1) e em Argissolo Amarelo Distrófico cultivados por sete anos (PBh2), Mata queimada (MQ2) e Mata não queimada (MNQ2) em Argissolo Amarelo Distrófico, localizados na vicinal 07;

Sítio 3 – Plantio de Banana que sofreu queima acidental, em 1998, em Latossolo Vermelho Amarelo por cinco anos (PBan), mata queimada (MQ3) e capoeira de cinco anos (CAP), servindo como pasto, localizados na 10;

Sítio 4 – Pastagem de *Braquiaria brizantha* (PBb) por mais de quinze anos em Argissolo Amarelo Distrófico com sinais de degradação por infestada de invasoras, localizados na vicinal 02.

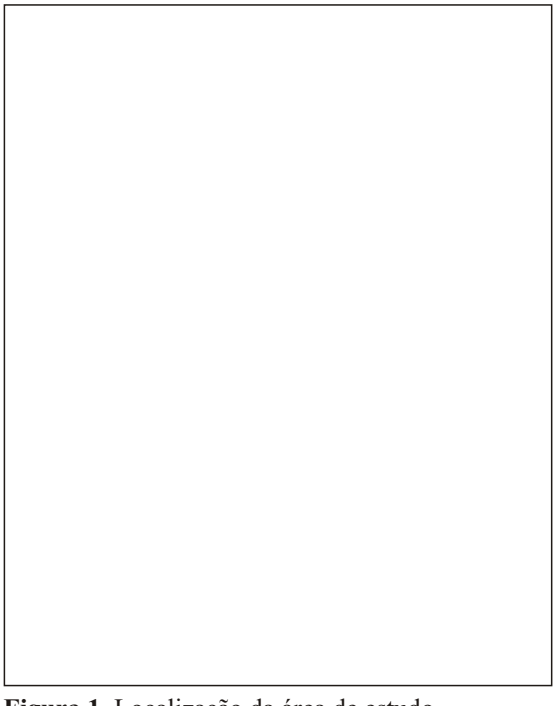


Figura 1. Localização da área de estudo.

Nos diferentes tipos de manejo e condições de mata de cada sítio, foram abertos perfis para caracterização e classificação dos solos. Além das amostragens dos perfis, amostras complementares foram coletadas para avaliação das substâncias húmicas, num total de nove amostras simples de 0 –10 cm de profundidade, num raio de 20 metros de cada perfil, obtendo-se três amostras compostas para cada local de coleta. Em cada perfil, foram coletadas amostras de 0-10 cm para avaliar o comportamento das substâncias húmicas em profundidade.

Classificação dos solos

Os solos da área em estudo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), enquadraram-se em três ordens distintas. Na terra firme, encontram-se os Latossolos e Argissolos e, nas várzeas, os Gleissolos, classificados como descritos no Quadro 1.

Perfil	Solo	Classe textural do Horizonte A
P1	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXbd)	Areia
P2	ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico (PAd)	Franco-Arenosa
P3	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (GXbd)	Franco-Argilo-Arenosa
P4	ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PAd) cascalhento	Franco-Arenosa
P5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico (LAd)	Argila
P6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico (LAd)	Argila
P7	ARGISSOLO AMARELO Distrófico latossólico (PAd)	Areia-Franca

Quadro 1. Classes de solos e classe textural de solos estudados.

Extração e purificação das amostras dos ácidos húmicos para realização da temogravimetria

As frações ácidos húmicos (AH) das amostras superficiais foram extraídas e purificadas, em triplicata, segundo a técnica adotada pela IHSS.[7]

Termogravimetria dos ácidos húmicos

As análises termogravimétricas dos ácidos húmicos foram feitas em um analisador TGA-50 SHIMADZU, usando amostras com peso de 3,0 ± 0,2000 mg em ambiente estático ao ar. Iniciou-se o processo à temperatura 30 ^{o}C e a curva de aquecimento foi de 5 ^{o}C min^{-1} até 105 ^{o}C, com um tempo de espera de 10 min, seguido de aquecimento a 5 ^{o}C min^{-1} até 650 ^{o}C, quando detectado o final da queima pela estabilização do peso do resíduo. O processo consumiu, em média, 2 h e 30 min por amostra, além de 30 min adicionais para o resfriamento do aparelho. As curvas de termodecomposição foram processadas por um microcomputador acoplado ao instrumento, utilizando o programa TA-50 WSI,[8] a uma razão de um ponto a cada 10 segundos, num total de 800 pontos por curva. A perda de peso até 105 ^{o}C, incluído o tempo de espera, foi considerada como umidade da amostra. O resíduo, ao final da queima, foi considerado como o teor de cinzas.[9] Esta metodologia foi padronizada por Benites[10].

Resultados e discussão

Termodecomposição dos ácidos húmicos

Os termogramas diferenciais das amostras superficiais de AHs dos diferentes ambientes são ilustrados na Figura 2. A primeira derivada mostra as taxas de perdas de peso em função da temperatura, com curvas que representam os principais picos de perda máxima de energia necessária ao rompimento das ligações das estruturas orgânicas presentes. O comportamento das curvas indica perdas de peso em diferentes posições. Abaixo de 350 °C, conforme Ibarra[11], Dell'abate[12], e Benites[10], os picos representam grupos funcionais alifáticos. Observou-se, também, que, na faixa de temperatura entre 105 e 350 °C, as curvas tiveram

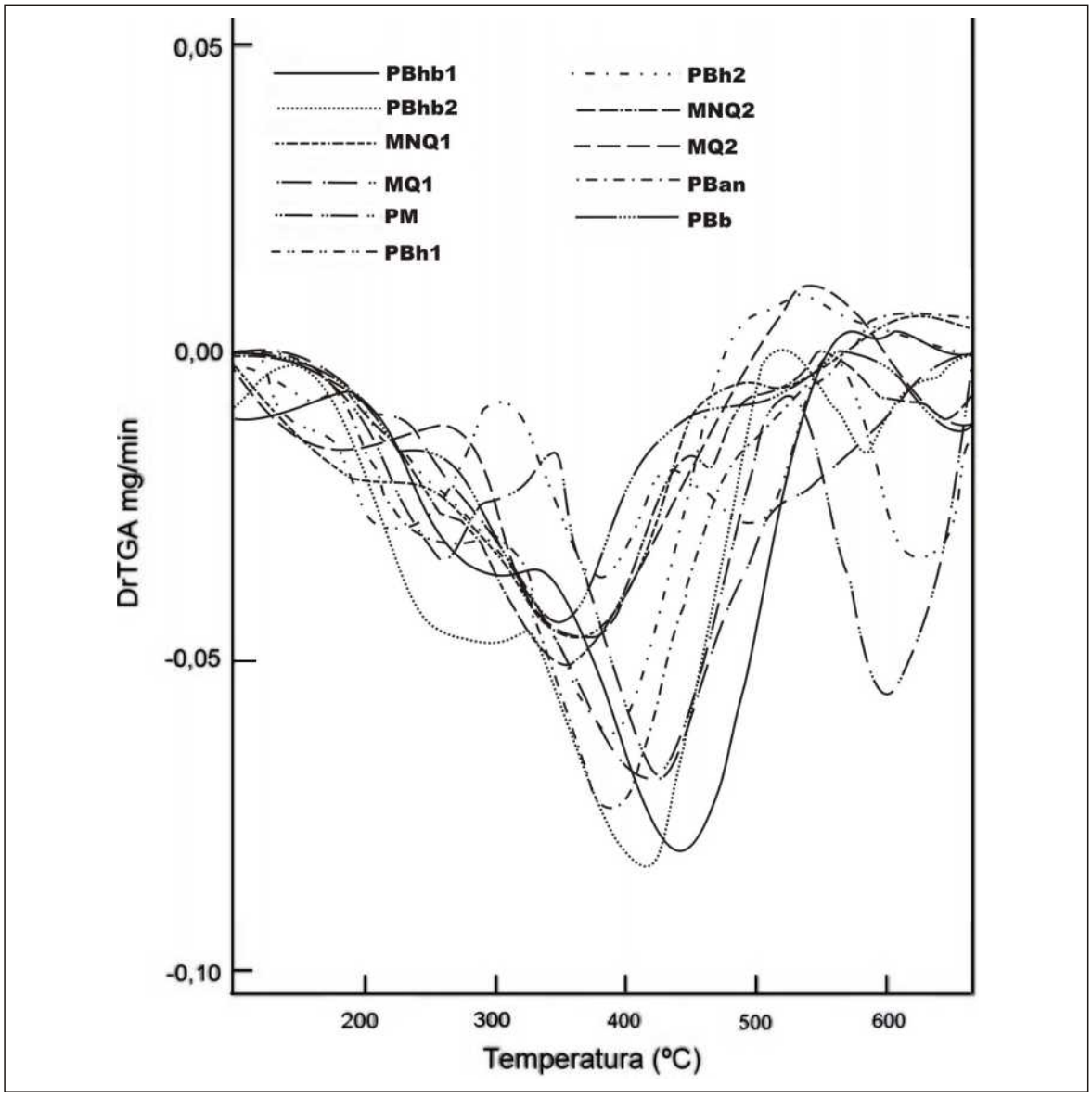


Figura 2. Termogramas da decomposição dos ácidos húmicos das amostras de solos dos sítios estudados.

comportamento variado quanto à energia desprendida para quebra das estruturas orgânicas, indicando variação nos tipos de grupos funcionais presentes. Em função das características das curvas, ocorreram variações quanto à necessidade de energia absorvida. As amostras MQ_1, PM, MQ_3, CAP e PBh indicaram a presença de AHs de estruturas mais complexas em relação às demais áreas, pela maior exigência de energia para termodegradação entre 500 e 600 °C, indicando ocorrência de estruturas aromáticas em picos que se fazem presentes em temperatura superior a 350 °C[10,12], com comportamento diferenciado quanto à energia necessária à quebra de suas estruturas. Diferenças na curva de decomposição termal de AHs são conseqüência do grau de polimerização e dos diferentes processos químicos e biológicos que influenciam as substâncias húmicas.[13, 14] Estes valores resultam da contribuição do efeito do fogo alterando as substâncias húmicas em estruturas

mais complexas, características dos ácidos húmicos de cadeias aromáticas e das condições de manejo em que a pastagem foi submetida.

As perdas de peso (Quadro 2) foram mais expressivas em temperaturas acima de 350 °C, com variações entre 53% e 78%. Já em temperatura entre 105 e 350° C, as perdas variaram entre 26% e 44%, caracterizando dois principais eventos de termodecomposição. As amostras PBh1, MNQ1, MNQ2 e PBh2 apresentaram menores valores percentuais de termodecomposição ente 350 e 600ºC, indicando uma maior expressão de estruturas orgânicas com menor grau de complexidade, de cadeia alifática e menor percentual de estruturas aromáticas. A maior presença destas estruturas resulta de uma maior contribuição da vegetação e da existência da ação do fogo que tem efeito na transformação das substâncias húmicas em ácidos orgânicos de maior aromaticidade e em hunima.

Sítio	Uso	Umidade	Cinzas	PPI		ITG	Qmáx
		%		(a) 105-350 ºC	(b) 350-650 ºC		ºC
				%			
1	PBhb1	5,9	4,2	32,50	67,50	2,08	529
	PBhb2	4,9	0,9	43,20	56,80	1,31	518
	MNQ1	2,4	3,4	44,50	55,50	1,25	600
	MQ1	5,3	0,5	26,40	73,60	2,79	585
	PM	4,5	0,6	25,50	78,50	3,08	600
2	PBh1	3,9	2,9	46,70	53,30	1,14	648
	PBh2	4,8	1,9	42,60	57,40	1,35	455
	MNQ2	5,4	3,3	42,00	58,00	1,38	697
	MQ2	9,9	3,9	29,70	70,30	2,36	640
3	PBan	8,0	1,8	34,10	65,90	1,93	592
	MQ3	7,5	3,5	28,30	71,70	2,53	630
	CAP	3,5	1,3	26,80	73,20	2,73	620
4	PBb	3,8	2,8	29,40	78,60	2,67	698

Quadro 2. Análise termogravimétrica dos ácidos húmicos de amostras superficiais de solos das áreas manejadas e de matas, pertencentes aos sítios 1, 2, 3 e 4 da área de estudo.

Conclusões

Os termogramas de decomposição dos ácidos húmicos mostram maior resistência das estruturas orgânicas à quebra pelo efeito da temperatura, indicando maior aromaticidade dos compostos.

Ás áreas que sofreram efeito da queima apresentaram estruturas orgânicas com maior grau de aromaticidade, manifestado pela maior resistência a termodecomposição em temperatura acima de 350ºC.

Referências

1. Stevenson, F.J. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2. ed., New York, John Wiley, 1994. 443p.

2. Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Volkoff, B. & Moraes, J.L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia In: O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Alvarez, V. V.H.; Fontes, L.F.T. & Fontes, M.P. Viçosa, SBCS, 1996. p.61-69.

3. Melo, F.M. Solos e Indicadores de uso Agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e de Colonização do Apiaú. Viçosa, UFV, 2002. 185p. (Tese de Doutorado).

4. Fearnside, P.M. Greenhouse gas emissions from deforestion in the brazilian Amazonia: net committed emissions. Climate Changes, 35: 321-360, 1997.

5. Camargo, F.A.O.; Santos, G.A. & Guerra, J.G.M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossitemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p. 27-39

6. Jonas, P.; Kozler, J. Thermal stability of humic acids and some of their derives. Fuel, 74:708-713,1995.

7. Swift, R.S. Organic matter characterization. In: D.L. Sparks, D.L.; Page, A. L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P.N.; Tabatabai, M.A.; Johnston, C.T. & Sumner, M.E., eds. Methods of

Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods**.** Madison, Soil Sci. Soc. American. 1996. p.1011-1069.

8. Shimadzu, Thermogravimetric analyser software T50WA: User guide. Shimadzu, 1989. 45.

9. Huffman, E.W.D. & Stuber, H.A. Analytical methodology for elemental analysis of humic substances. In: Aiken, G.R. & Hacther, P.G., eds. Humic substances in soil, sediment and water: geochemistry, isolation and characterization. New York, John Wiley, 1985. p.433-455.

10. Benites, V.M. Caracterização dos solos e das substâncias húmicas em Complexos de Campo Rupestre de Altitude. Viçosa, UFV, 2002. 131p. (Tese de Doutorado).

11. Ibarra, J.V., Moliner, R. & Bonet, A. J. Thermal alteration of coal humic acids simulating early coalification. In: Senesi, N. & Miano, T.M., eds. Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier, 1994. p.1325-1330.

12. Dell'abate, M.T.; Benedetti, A.; Trinchera, A. & Dazzi, C. Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert. Geoderma, 107: 281-296, 2002.

13. Ioselis, P.; Rubinsztain, Y.; Ikan, R.; Aizenshtai, Z. & Frenkel, M. Thermal characterization of natural and synthetic humic substances. Org. Geochem., 8:95-101, 1985.

14. Esteves, V.I. & Duarte, A.C. Thermogravimetric properties of aquatic humic substances. Marine Chemistry, 107: 225-233, 1999.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 31-35 **ISSN 1809-4791**

Distribuição Espacial de Roupala Montana Aubl. em uma Área de Savana de Roraima, Norte da Amazônia Brasileira(1)

Rosana Melquides Figueira(2) e
Reinaldo Imbrozio Barbosa(3)

Abstract
Spatial distribution of *Roupala Montana* Aubl. in a savanna area of Roraima, northern of Brazilian Amazonia
This study determined the spatial distribution pattern of *Roupala montana* Aubl., a tree species, in a savanna park experimental area placed in Roraima, northern of Brazilian Amazonia. The observed individuals were distributed in ontogenetic categories of development. Morisita's Index (Id) was adopted for determination of the spatial pattern. The results indicated that this tree species has an "aggregated" distribution in all the ontogenetic stages of growth.
Key-words: spatial distribution, dispersion, cerrado.

Introdução

Estudos sobre o padrão e a dinâmica da distribuição espacial de populações de organismos vivos estão relacionados diretamente às características básicas de sua história de vida[1]. Os padrões gerais de distribuição espacial são definidos como aleatório, uniforme e agregado[2,3], com todos sendo descritos quantitativamente através da distribuição horizontal dos indivíduos de uma espécie vivendo dentro de uma comunidade[4]. As investigações demográficas são as mais representativas deste viés da ecologia.

Nos ecossistemas de savanas de Roraima, situados no extremo norte da Amazônia brasileira, muito pouco se sabe sobre a dinâmica de populações das espécies vegetais regionais. A maioria dos trabalhos recentes está voltada para avaliações de padrões fitossociológicos[5,6] e fitogeográficos[7,8]. Há uma enorme lacuna sobre os mecanismos que regulam a distribuição espacial das populações (individualmente ou em comunidades) e sua hierarquia demográfica (p. ex. estratificação ontogênica) neste tipo de paisagem em Roraima. O entendimento destes mecanismos é básico para o manejo e a conservação das diferentes espécies presentes neste ecossistema. Assim, este estudo tem por objetivo fazer um exercício de investi-

(1) Parte do projeto *Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais das Savanas de Roraima*, cadastrado na agenda de pesquisa do INPA/COPE.

(2) Parte do projeto *Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais das Savanas de Roraima*, cadastrado na agenda de pesquisa do INPA/COPE.
(3) INPA (Base de Roraima), R. Coronel Pinto 315 – Centro, Caixa Postal 96, 69301-970 Boa Vista – Roraima, 0xx-95-623 9433. E-mail: reinaldo@inpa.gov.br. Autor para correspondência.

gação sobre o padrão de distribuição espacial de *Roupala montana* Aubl., uma espécie arbórea comum nas savanas de Roraima.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado no Campus do Cauamé (± 498 ha), Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Roraima (02º 52' 07" N e 60º 43' 03" W), localizado no município de Boa Vista, RR, em uma tipologia de savana parque, segundo a classificação da vegetação brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística[9]. Esta tipologia é caracterizada por apresentar árvores com altura média de dois a quatro metros, formando cobertura de copa de 5-20%, conforme as definições estabelecidas por Ribeiro & Walter[10] e adaptadas para Roraima por Barbosa & Miranda[11]. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o "Awi", tropical chuvoso com 5-7 meses de estação seca. A precipitação média anual é de 1.614 mm.ano^{-1}, sendo a maior concentração de chuva estabelecida entre os meses de maio e junho (58%), e a menor, entre dezembro e março (9%)[12]. O relevo de toda esta localidade é suavemente ondulado e o tipo de solo predominante pertence ao grupo dos latossolos em mosaico com os podzólicos[13].

A espécie

Roupala montana Aubl. pertence à família Proteaceae. Em Roraima, esta espécie é típica das fisionomias parque e arbórea. Trata-se de uma espécie arbórea, hermafrodita, folhas alternadas, compostas (jovens) ou simples (adultos), largo-elíptico a lanceolado, de margem inteira, serreada ou denteada, inflorescência de 14 a 16 cm de comprimento com, aproximadamente, 20 a 100 flores medindo, cada uma, cerca de 5mm de comprimento[14]. O fruto é oval e possui de uma a duas sementes aladas e de cor castanha. É conhecida popularmente como carne-de-vaca, congonha ou farinha-seca. Sua dispersão é caracterizada como anemocórica devido às sementes aladas. Estudos preliminares, realizados próximos de Boa Vista (capital de Roraima), indicam que sua floração ocorre por todo o período seco (nov-dez a mar-abr), com a frutificação atingindo os meses de jan-abr (G. M. L. Casadio e colaboradores, comunicação pessoal). Plântulas recém-eclodidas são facilmente encontradas a partir de jun-jul.

Coleta e análise dos dados

A coleta de dados ocorreu no período de 06 a 13 de agosto de 2004. Foi utilizada uma quadra de 30m x 30m, limitada por dois eixos perpendiculares (x e y), onde o eixo "x" seguiu o lineamento leste-oeste, e o eixo "y", o norte-sul. A área foi dividida em 36 parcelas (células) de 5m x 5m, com o auxílio de barbantes e estacas de madeira. Todas foram numeradas. Em cada parcela, foi registrada apenas a presença de indivíduos de *R. montana,* categorizando-os de acordo com os seguintes estágios ontogênicos: (a) *Plântula* (indivíduos com altura até 0,50m – sem estruturas reprodutivas, e sistema foliar quase que totalmente formado por folhas compostas), (b) *Jovem* (entre 0,51m e 1m de altura – inclusive, sem emissão de estruturas reprodutivas, mas o sistema foliar já é totalmente composto por folhas simples), (c) *Adulto-1* (1,01m e 2m - inclusive, iniciando a fase reprodutiva, folhas simples) e (d) *Adulto-2* (acima de 2,01m, em plena fase reprodutiva, folhas simples) Em uma planilha, foram anotados a categoria ontogênica e o posicionamento espacial (m) de cada indivíduo dentro dos eixos x e y da quadra.

Para definir o padrão da distribuição espacial da população de *R. montana*, nesta área experimental, foi tomado como base o índice de dispersão de Morisita (Id): uniforme (Id = 0), agregado (Id > 1) ou aleatório (Id = 1), conforme fórmula especificada mais adiante. Segundo Brower e colaboradores[15], este índice é de excelente qualidade, sendo calcado na formatação de uma tabela onde os indivíduos inventariados são separados pela freqüência observada, por classe ontogênica e pela probabilidade esperada de ocorrência (Distribuição de Poisson). A partir desta base tabular, foi determinado o Id para o conjunto dos indivíduos e para todas as classes ontogênicas individualmente. A distribuição espacial gráfica dos indivíduos, por classe, foi reproduzida com o auxílio de ferramenta computacional. A significância dos resultados foi determinada pela tabela de valores críticos do qui-quadrado[16].

$$Id \quad \frac{n \; X^2 \quad N}{N(N-1)}$$

Onde: n = número de células, N = número total de indivíduos contados em todos as "n" células, $\acute{O}X^2$ é o somatório do quadrado do número de indivíduos por célula.

Resultados e discussão

Foram contabilizados 248 indivíduos de *R. montana* na área amostral, sendo 11 (4,4%) da categoria adulto-2, 8 (3,2%) da adulto-1, 35 (14,1%) da jovem e 194 (78,2%) de plântulas (Figura 1). O cálculo do Id (1,22) para o conjunto das categorias ontogênicas indicou que o padrão de distribuição espacial para esta amostra foi o "agregado" (Tabela 1). O resultado individual para cada uma das classes ontogênicas (plântula, jovem, adulto-1 e adulto-2) também indicou agregação (Id > 1; g.l. = 35; 95%).

Figura 1. Distribuição espacial de R. montana, por categoria ontogênica, em uma área amostral de savana parque em Roraima, norte da Amazônia brasileira.

Tabela 1. Densidade (ind.parcela^{-1}) e índice de dispersão de Morisita (Id) determinado para as diferentes classes ontogênicas de desenvolvimento de R. montana, em uma área amostral de savana parque em Roraima, norte da Amazônia brasileira (g.l.=35; 95%).

Classes Ontogênicas	Densidade (ind.parcela^{-1})	Id	Padrão de Distribuição
Plântula	5,39	1,36	Agregado
Jovem	0,97	2,12	Agregado
Adulto-1	0,22	15,43	Agregado
Adulto-2	0,30	3,93	Agregado
Total (conjunto)	6,89	1,22	Agregado

A estrutura demográfica horizontal de *R. montana*, verificada nesta área de savana parque de Roraima, foi caracterizada por uma elevada quantidade (± 92%) de indivíduos nas primeiras fases da sucessão ecológica (plântulas e jovens), muito próximos espacialmente daqueles das fases adulta-1 e adulta-2. Isto pode sugerir que: (1) o sistema de dispersão anemocórico desta espécie seja pouco eficiente e não consiga enviar seus propágulos para longe da árvore-mãe ou (2) haja eclosão apenas das sementes emitidas ao final da estação seca e início da chuvosa, quando os ventos alísios já não sopram com a mesma intensidade e, por isso, as sementes não são enviadas para muito longe da árvore-mãe. Os resultados obtidos por Miranda-Melo[17], em fragmentos de cerrado florestado na região de Itirapina, SP, também indicaram que *R. montana* possui as diferentes classes ontogênicas distribuídas de forma agregada. Entretanto, o autor sugere que o fator luminosidade é um dos principais mecanismos ambientais de regulação da densidade populacional desta espécie em todas as fases de crescimento, visto que a observação foi realizada em um ambiente com maior densidade de espécies e sombreamento.

Outros padrões podem ser associados a espécies arbóreas de cerrados/savanas, como é o caso do agrupamento agregado nas classes ontogênicas menos desenvolvidas, e aleatório, nas mais desenvolvidas. A tendência de diminuição da agregação ao longo das fases ontogênicas pode ser um indicativo de mecanismos de controle populacional por densidade e/ou distância[18]. Entretanto, não houve significância na troca de padrão ao longo das classes aqui definidas para *R. montana*, embora a densidade de adultos-1 (0,22 ind.parcela^{-1}) e adultos-2 (0,30 ind.parcela^{-1}) tenha sido muito menor que a de plântulas (5,39 ind.parcela^{-1}) (Tabela 1). Os mecanismos mais atuantes no controle de densidade de espécies arbóreas em savanas estão fortemente associados à freqüência do fogo[19,20], predação[21] e presença de luz[17]. Neste estudo de caso (*R. montana*), há um forte indicativo de que o fogo e a predação assumam papéis de destaque, visto que o sombreamento (luminosidade), nesta tipologia de vegetação aberta, não é o fator limitante que retarda ou impede o desenvolvimento dos propágulos.

Referências

1. Meffe, G. K.; Carroll, C. R. *Principles of conservation biology*., Sinauer Associates, Sunderland, 1994.

2. Pielou, E. C. *Mathematical Ecology*. New York: Willey, 1977.

3. Odum, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro:: Guanabara Koogan, 1988.

4. Malhado, A.C.M.; Petrere Jr. M. *Brazilian Journal of Biology*, 2004, *64*, 243.

5. Miranda, I.S.; ABSY, M.L. *Acta Amazonica*, 2000, *30*, 423.

6. Miranda, I. S.; Absy, M. L.; Rebelo, G. H. *Plant Ecology*, 2003, *164*, 109.

7. Sanaiotti, T. M. *Comparação fitossociológica de quatro savanas de Roraima* in *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*, INPA, Manaus, 1997.

8. Sanaiotti, T. M. *Savanas Amazônicas* in *Inventário, Sistematização e Conservação da*

Diversidade Vegeta, Sociedade Botânica do Brasil, Belém, 2003.

9. IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1992.

10. Ribeiro, J. F.; Walter, B.M.T. *Fitofisionomias do Bioma Cerrado* in *Cerrado: Ambiente e Flora,* Embrapa Cerrados, Planaltina, 1998.

11. Barbosa, R. I.; Miranda, I. S. *Fitofiosionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima* in *Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris*, FEMACT, Boa Vista, 2005.

12. Barbosa, R. I. *Distribuição das chuvas em Roraima* in *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima,* INPA, Manaus, 1997.

13. Projeto Radambrasil: Folha NA. 20 Boa Vista e partes da Folha NA. 21 Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB. 21 (geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra). Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro, 1975.

14. Almeida, S. P.; Proença, C. E. B.; Sano, S. M.; Ribeiro, J. F. *Cerrado: espécies vegetais úteis*, EMBRAPA-CPAC, Planaltina, 1998.

15. Brower, E. J.; Zar, H. J.; von Ende, C. N. *Field and laboratory methods for general ecology*, McGraw-Hill, Boston , 1998.

16. Zar, J. H., *Biostatistical Analysis*, 4ª ed., Prentice-Hall, New Jersey, 1999.

17. Miranda-Melo, A. A. Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Brasil, 2004.

18. Oliveira, P. E. A. M.; Ribeiro, J. F.; Gonzales, M. I. *Revista Brasileira de Botânica*, 1989, *12*, 39.

19. San José, J. J.; Fariñas, M. R. *Acta Oecologica*, 1991, *12*, 237.

20. Barbosa, R. I.; Fearnside, P. M. *Forest Ecology and Management,* 2005, *204*, 2-3, 371.

21. Hoffmann, W. A. *Journal of Ecology*,*1996*, 84, 383

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 37-42 **ISSN 1809-4791**

Cinética da Adsorção de Íons Co(II), Ni(II) e Cu(II) em Sílica Lamelar a partir de Dados Calorimétricos

Robson Fernandes de Farias[(1)]

Abstract

Kinetci Study of the Adsorption of Co(II), Ni(II) and Cu(II) on Lamellar Silica by Calorimetric Data

By using calorimetric data, obtained by solution calorimetry, is shown that the obtained enthalpic values for the adsorption of Ni, Cu and Co(II) cations in lamellar silica can be sucessfully used to calculate the rate constant associated with the adsorption process, which can be considered as a first order reaction. Employing 40.0 mg of lamellar silica and 100.0 cm^3 of a 0.127 mol dm^3 cation solution, the k values are 8.03 x 10^{-2}, 5.60 x 10^{-2} s^{-1} and 4.04 x 10^{-2} s^{-1}, for Ni, Cu and Co (II), respectivaly. For the same sequence of cations, the k values are 8.35 x 10^{-3}, 1.12 x 10^{-2} and 3,90 x 10^{-3}, respectively if a 8.0 x 10^{-3} mol dm^3 solution is used. The calculated half-life values are interpretated as been associated with the saturation of half of the binding sites available in the substrate.

Key-words: lamellar silica; adsorption; calorimetry; kinetic.

Introdução

A utilização de diaminas neutras como moléculas *template*, na síntese de híbridos inorgânico-orgânico, tem se mostrado eficaz na obtenção das mais diversas matrizes, desde óxidos mistos do tipo Ti-Zr[1] com nanoestrutura hexagonal, exibindo partículas esféricas de diâmetro médio de 5 m, a fluoretos de silício lamelares[2].

Utilizando-se tetraetilortosilicato (TEOS) e aminas ou diaminas neutras como precursores, amostras lamelares ou hexagonais de sílica podem ser obtidas[3], as quais podem ter sua estrutura, bem como sua estabilidade térmica alteradas pela adição de sais de metais de transição[4,5] ou pelo aumento da pressão externa.[6]

As amostras lamelares de sílica podem atuar como excelentes agentes seqüestrantes para metais em solução, tal como demostrado para diversos cátions divalente[7] ou como suportes para a obtenção de óxidos mistos[8], estando a capacidade de adsorção diretamente relacionada ao desordenamento estrutural sofrido pela matriz em função do tipo e da quantidade de metal adsorvido[9].

(1) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, UFRR, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, Roraima. E-mail: robsonfarias@pesquisador.cnpq.br

Quando do estudo da adsorção de cátions em sílicas organofuncionalizas[10], verifica-se, normalmente, a preocupação no estabelecimento dos parâmetros termodinâmicos (G, H e S) associados ao processo de adsorção[11,12], não se verificando, contudo, um igual interesse no cálculo de parâmetros cinéticos. Todavia, o cálculo de parâmetros cinéticos se faz de vital importância se lembrarmos que, muitos dos processos de adsorção que ocorrem na prática (passagem de uma solução contaminada por um filtro ou trocador iônico, por exemplo), ocorrem em sistemas dinâmicos e não estáticos. Assim, não importa apenas que a adsorção de um determinado cátion metálico seja termodinâmicamente favorável, sendo igualmente importante que este processo seja cinéticamente favorecido. Se considerarmos a adsorção de dois cátions quaisquer A e B, num substrato C, e supondo que a adsorção de A seja termodinâmicamente mais favorável que a de B (para idênticos valores de concentração), poderemos contudo verificar, ao final, que B foi adsorvido em maior quantidade pelo substrato, dependendo das diferentes constantes de velocidade associadas a estes processos de adsorção e dependendo de quanto tempo os cátions A e B (geralmente em solução) permaneceram em contato com o substrato C.

O presente trabalho tem por objetivo efetuar um estudo preliminar sobre a cinética de adsorção de íons Co(II), Ni(II) e Cu(II) em sílica lamelar. Para promover tal estudo, serão utilizados dados relativos às entalpias associadas à adsorção destes íons, mostrando que, os dados obtidos calorimetricamente podem ser convenientemente utilizados para o cálculo das constantes de velocidade associadas aos processos de adsorção.

Experimental

A sílica lamelar utilizada como substrato foi sintetizada utilizando-se tetraetilortosilicato (TEOS, Aldrich) e 1-12, diaminododecano (DAD, Aldrich) como precursores, através da chamada rota da diamina neutra [1,3-6]: 10,0 mmol de diaminododecano (DAD) foram dissolvidos em 0,5 mol de propanol e em 3,3 mol de água destilada. À esta solução foram acrescentados 7,5 mmol de tetraetilortosilicato (TEOS). O material assim obtido foi agitado durante 20,0 minutos, sendo, depois, deixado em repouso por 24,0 h, após o que foi promovida filtração e secagem sob vácuo a 80,0 °C durante 8,0 h.

Os difratogramas de raios-X foram obtidos utilizando-se equipamento da marca Shimadzu, modelo XD3A (radiação Cu-K).

As entalpias de adsorção foram obtidas empregando-se a chamada técnica de quebra de ampolas[13]: Ampolas de vidro contendo de 5,0 a 60,0 mg de sílica lamelar foram quebradas em 100,0 cm^3 de uma uma solução de MCl_2 (M= Co, Ni ou Cu). Duas concentrações foram utilizadas: 8,0 x 10^{-3} e 0,127 mol dm^{-3}. Para o cálculo das respectivas entalpias de adsorção, foram efetudas seis medidas para cada um dos metais, nas concentrações consideradas, utilizando-se um calorímetro isotérmico LKB 2250. Para efeito de cálculo da entalpia de adsorção, foi considerado um tempo de 5,0 minutos. Medidas da entalpia envolvida na quebra, em água, da ampola contendo sílica lamelar mostram ser este valor desprezível, comparável ao valor entálpico associado à quebra da ampola vazia: 0,05 kJ g^{-1}.

As medidas de capacidade de adsorção foram efetuadas dispersando-se 0,2 grama da matriz lamelar em 30,0 cm^3 de solução dos íons Co, Ni ou Cu (II). Todas as titulações foram efetuadas em triplicata. O número de moles fixos (adsorvidos) foi calculado através da equação: $n_f = [(C_i - C_{sob})/m] \times V$, onde C_i é aconcintração inicial da solução utilizada, C_{sob} é a concentração da solução sobrenadante, m é a massa de material adsorvente utilizado e V é o volume da solução contendo a espécie a ser adsorvida.

Resultados e discussão

Picos de difração em 2 iguais a 3,8°, 7,3° e 11,5°, que podem ser atribuídos às difrações dos planos 001, 002 e 003, correspondendo a valores de distância interplanar de 2,3 nm, 1,2 nm e 0,8 nm, respectivamente, confirmaram a natureza lamelar da sílica sintetizada[1-6]. Os valores obtidos para as entalpias de adsorção são apresentados na Tabela 1. Em função apenas dos valores obtidos para as entalpias de adsorção, a seguinte ordem de afinidade do substrato pelos cátions considerados poder ser estabelecida: Cu > Co > Ni ($8,0 \times 10^{-3}$ mol dm^3) e Cu > Ni > Co (0,127 mol dm^3).

Tabela 1. Entalpias de adsorção (considedrando-se seis medidas para cada amostra) para a adsorção de Co(II), Ni(II) e Cu(II) em soluções aquosas destes cátions.

Concentração/ moldm^3	$_{ads}H_m$ /kJ g^{-1}		
	Co	Ni	Cu
$8,0 \times 10^{-3}$	10,91 0,06	20,73 0,07	-69,22 0,03
0,127	42,56 0,06	-97,12 0,06	-106,90 0,01

Para efetuar-se os cálculos cinéticos, curvas de entalpia, como função do tempo, foram obtidas para os três cátions, nos dois valores de concentração considerados, utilizando-se sempre 40,0 mg de substrato em cada ampola. A quantidade de metal presente na solução, num dado tempo t, está relacionada à quantidade de metal adsorvida pelo substrato, que, por sua vez, relaciona-se à entalpia do processo de adsorção. Assim, dc/dt, onde c é a concentração de metal na solução, é inversamente proporcional a dH/dt, onde dH (ou H) é a entalpia envolvida no processo de adsorção, uma vez que, quanto maior a quantidade de metal adsorvida pelo substrato, maior (em módulo) será a entalpia associada ao processo de adsorção, e menor será a quantidade de metal presente na solução. Assim, teremos a equação:

$$dc/dt = 1/(dH/dt), \text{ ou seja, } (dc/dt) = (dH/dt)^{-1} \quad (1)$$

Quando utilizamos medidas de concentração para efetuar cálculos cinéticos, temos, para o caso de uma reação de primeira ordem[14]:

$$dc/dt = -kc \quad (2)$$

onde t é o tempo e k é a constante de velocidade para a reação considerada. Separando-se as variáveis, tem-se:

$$dc/c = -kdt \quad (3)$$

Integrando-se a equação (2) nos intervalos entre C_o e C, e t_0 e t, onde o subescrito denota concentração e tempo iniciais, tem-se:

$$\ln(C/C_o) = -kt \quad (4)$$

A equação (4) determina que um gráfico de $\ln(C/C_o)$ em função de t será uma reta, caso a reação considerada seja de primeira ordem.

Visto que $(dc/dt) = (dH/dt)^{-1}$ (1) e que, portanto, $(C/C_o) = (H/H_o)^{-1}$, uma equação análoga à equação (4), seria:

$$\ln(H/H_o)^{-1} = -kt;\ \ln(H_o/H) = -kt;$$
$$[\ln(H_o/H)]^{-1} = (-kt)^{-1};$$
$$\ln(H/H_o) = -(1/kt) \quad (5)$$

A equação (5) determina que a curva resultante do gráfico de $\ln(H/H_o)$ como função de 1/t será uma reta. O fato de ter-se 1/t e não t, no eixo x, é consequência justamente do fato de que as variações de entalpia associadas ao processo de adsorção do metal no substrato são inversamente proporcionais à concentração do metal na solução. Nesta equação, H_o é o valor de entalpia no tempo "zero", escolhido arbitrariamente, e H é o valor de entalpia no tempo t.

Na Tabela 2, são apresentados valores de entalpia em função do tempo para a quebra de uma ampola contendo 40,0 mg de sílica lamelar em 100,0 cm^3 de uma solução 0,127 mol dm^3 de $CuCl_2$. Na Figura 1, apresenta-se um gráfico de

H como função do tempo e, na Figura 2, um gráfico de ln(H/(H_o) como função do inverso de t, utilizando-se o conjunto de dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. dados de entalpia de adsorção como função do tempo para a adsorção de Cu^{2+} em sílica lamelar (40,0 mg de sílica dispersas em 100,0 cm^3 de uma solução 0,127 mol dm^3 do cloreto).

tempo/s	tempo^{-1}/s^{-1}	H/Jg^{-1}	ln H/ H_o
t_0= 6	0,1667	5,33	0,00
t_1= 10	0,1000	13,66	0,94
t_2= 16	0,0625	27,33	1,63
t_3= 30	0,0333	49,33	2,22
t_4= 60	0,0167	67,86	2,54
t_5= 90	0,0111	77,86	2,68
t_6= 120	0,0083	82,73	2,74
t_7= 150	0,0067	85,81	2,78
t_8= 180	0,0056	85,95	2,78
t_9= 210	0,0048	87,98	2,80
t_{10}= 240	0,0042	87,68	2,80
t_{11}= 300	0,0033	88,90	2,81

Figura 1. Entalpia para o processo de adsorção de Cu^{2+} (solução 0,127 mol dm^3) em sílica lamelar, como função do tempo.

Figura 2. ln(H/ H_o) como função de 1/t para o processo de adsorção de Cu^{2+} (solução 0,127 mol dm^3) em sílica lamelar.

Tabela 3. Resultados obtidos para as adsorções de Co^{2+}, Ni^{2+} e Cu^{2+} em sílica lamelar obtida pela rota da diamina neutra. C_i é a concentração inicial e n_f é o número de moles adsorvidos (fixos).

íon	C_i/ mol dm^3	n_f /mmol g^{-1}
Co^{2+}	0.480	3.0
	0.232	2.1
	0.120	3.5
	0.070	5.2
	0.030	3.6
	0.015	1.6
	0.007	0.5
Cu^{2+}	1.040	16.8
	0.512	13.2
	0.252	7.5
	0.128	6.3
	0.064	4.1
	0.030	4.4
	0.016	2.4
Ni2+	0.780	18.0
	0.390	15.0
	0.190	9.0
	0.125	7.5
	0.088	8.4
	0.053	9.9
	0.027	6.9
	0.008	2.1

Como pode ser constatado, a curva da Figura 2 é uma reta, com coeficiente de correlação igual a 0,997 e coeficiente angular igual a –17,877. Uma vez que o coeficiente angular da reta é igual a $-1/k$, temos $k = 5,60 \times 10^{-2}\ s^{-1}$ para o processo de adsorção considerado. Utilizando-se iguais procedimento e raciocínio, os valores de k, para a adsorção de Ni(II) e Co(II), nas mesmas condições experimentais, podem ser calculados como $8,03 \times 10^{-2}$ e $4,04 \times 10^{-2}\ s^{-1}$ respectivamente.

Assim, demonstra-se que as reações de adsorção consideradas, e para uma concentração catiônica de 0,127 mol dm^3, são todas de primeira ordem, sendo função apenas da concentração do metal. Verifica-se, ainda, que a seqüência obtida para os valores de k, a saber, Ni >Cu >Co, demonstra que a adsorção de cobalto é desfavorecida não apenas do ponto de vista termodinâmico (H), mas também do ponto de vista cinético, quando comparado com níquel e cobre. Por outro lado, a constante de velocidade obtida para o processo de adsorção de níquel é cerca de 1,5 vez maior do que a calculada para o cobre.

Efetuando-se cálculo similar, porém desta vez considerando-se a adsorção dos três cátions em soluções de concentração $8,0 \times 10^{-3}$ mol dm^3, os valores calculados para k são $1,12 \times 10^{-2}$, $8,35 \times 10^{-3}$, e $3,90 \times 10^{-3}$ para cobre, níquel e cobalto respectivamente. A curva de $\ln(H/ H_o)$ como função de 1/t para a adsorção de cobalto (solução $8,0 \times 10^{-3}$ mol dm^3) em sílica lamelar é mostrada na Figura 3.

A seqüência obtida para os valores de k, considerando-se a adsorção dos cátions Ni^{2+}, Cu^{2+} e Co^{2+}, considerando-se soluções de concentração $8,0 \times 10^{-3}$ mol dm^3, é, portanto, $Cu^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+}$ em concordância com a sequência de valores de entalpia. Verifica-se, portanto, que, alterando-se a concentração da solução, pode-se também alterar a cinética do processo de adsorção frente aos três cátions considerados.

Figura 3. $\ln(H/ H_o)$ como função de 1/t para o processo de adsorção de Co^{2+} (solução $8,0 \times 10^{-3}$ mol dm^3) em sílica lamelar.

Os resultados dos testes de adsorção encontram-se sumarizados na Tabela 3. Como pode ser constatado, a capacidade de adsorção da sílica lamelar, frente aos cátions estudados, pode ser estabelecida como: $Ni^{2+} > Cu^{2+} > Co^{2+}$, sequência esta em total concordância com aquela obtida para os valores de k calculados para a concentração 0,127 mol dm^3. Assim, o valor mais exotérmico calculado para a entalpia de adsorção do cobre (Tabela 1) não é conseqüência de uma maior quantidade de cobre adsorvida, mas sim de uma maior entalpia de coordenação cobre-nitrogênio, quando comparada com níquel-nitrogênio. Fica evidenciado, então, o fato de que, quando do estudo da adsorção de cátions metálicos em substratos inorgânicos, não apenas os parâmetros termodinâmicos, mas também os parâmetros cinéticos devem ser considerados para que se possa obter um entendimento completo do(s) processo(s) de adsorção no sistema em estudo.

Uma vez que, conforme constatado, os processos de adsorção aqui considerados podem ser entendidos como reações de primeira ordem, podemos calcular os valores de tempo

de meia-vida, $t_{1/2}$, a partir da equação [14]: $t_{1/2}= \ln 2/k = 0.693/k$. Assim, considerando-se os processos de adsorção para a concentração 0,127 mol dm^{-3}, $t_{1/2}$ = 8,35, 12,38 e 17,15 s para Ni^{2+}, Cu^{2+} e Co^{2+} respectivamente. Para a mesma sequência de cátions, os valores de $t_{1/2}$ são: 83,00, 61,90 e 177,70 s respectivamente, considerando-se, desta vez, a solução de concentração 8,0 x 10^{-3} mol dm^{-3}. Quando da interpretação destes valores, porém, algumas considerações se fazem necessárias. Quando do estudo cinético de reações, o valor de $t_{1/2}$ pode ser interpretado como o valor de tempo em que a concentração do reagente considerado tenha sido reduzida à metade. No estudo atual, porém, este tipo de interpretação não seria coerente. Se considerarmos a adsorção corrida para concentrações de 0,127 mol dm^{-3}, lembrando que foram utilizados sempre 100,0 cm^3 de solução e 40,0 mg de substrato, e levando-se em conta as capacidades de adsorção apresentadas na Tabela 3, podemos constatar que não se dispõe de massa de substrato suficiente para adsorver metade dos íons disponíveis. Assim, devemos encontrar um outro sentido físico para o valor de $t_{1/2}$. O valor de $t_{1/2}$ será aqui interpretado como o valor de tempo, em segundos, no qual o substrato, neste caso sílica lamelar, terá adsorvido metade da quantidade de íons que é capaz de adsorver, ou seja, terá atingido metade do valor de sua capacidade máxima de adsorção para a concentração considerada.

Referências

1. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Colloid Interf. Sci*., 1999, *220*, 255.

2. Airoldi, C.; de Farias, R.F. *J. Fluorine Chem*., 2000, *103*, 53.

3. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *Quím. Nova*, 2000, *23*, 88.

4. de Farias, R. F. *An. Assoc. Bras. Quím*., 1999, *48*, 112.

5. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Non-Cryst. Solids*, 2000, *261*, 181.

6. de Farias, R. F.; Martínez, L.; Airoldi, C. *J. Non-Cryst. Solids*, 2000, *276*, 56.

7. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Solid State Chem*., 2000, *149*, 113.

8. de Farias, R. F. 23ª Reunião Anual da SBQ, Poços de Caldas, MG, 2000, Resumo QM 030.

9. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *Colloids Surf. A*., 2000, *172*, 145.

10. Arakaki, L.N.H.; Airoldi, C., *Quím. Nova*, 1999, *22*, 246.

11. Airoldi, C.; Alcântara, E.F.C., *J. Chem. Thermodynamics*, 1995, *27*, 623.

12. Santos, M. R. M. C.; Airoldi, C. *J. Collid Interface Sci*., 1996, *183*, 416.

13. de Farias, R. F.; Oliveira, O. A. de; Medeiros, J. V. de; Airoldi, C. *Thermochim. Acta,* 1999, *328*, 241.

14. McQuarrie, D. A.; Simon, J. D. Physical Chemistry-a molecular approach, University Science Books, Sausalito, 1997.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 43-46 **ISSN 1809-4791**

Estudo Cinético das Transições Estruturais Lamelar Hexagonal e Hexagonal Amorfo em Sílica Lamelar

Robson Fernandes de Farias[(1)]

Abstract

Kinetic Study of the Structural Transitions Lamellar Hexagonal and Hexagonal Amorphous on Lamellar Silica

By using the non-isothermal Coats Redefern method, the kinetic parameters associated with the lamellar to hexagonal and hexagonal to amorphous structural transitions for lamellar silica samples were calculated through thermogravimetric data. The lamellar silica exhibits three mass loss steps with associated activation energy values of 95, 110 and 166 kJ mol^{-1} respectively. The first and the last of these mass loss are associated with the lamellar hexagonal and hexagonal amorphous transitions, respectively, as verified by X-ray diffraction data.

Key-words: the lamellar silica, hexagonal silica, kinetic, thermogravimetric.

Introdução

Utilizando-se diaminas neutras e alcóxidos de silícios ou de metais de transição como precursores, amostras lamelares ou hexagonais de sílica[1,2] ou óxidos mistos[3] podem ser obtidos. Por sua vez, os óxidos lamelares ou hexagonais obtidos pela chamada rota da diamina neutra possuem a capacidade de coordenar íons metálicos em solução[2,4,5], sendo que, mediante a adição de metais de transição[2,4,5] ou pela reação no estado sólido com KBr[6], pode-se exercer notáveis efeitos sobre a estrutura e estabilidade térmica dos materiais obtidos.

Dependendo das condições de síntese, sobretudo a quantidade de água no meio reacional[7], bem como mediante variação do pH do meio reacional[8], o híbrido inorgânico-orgânico obtido pode apresentar estrutura lamelar ou hexagonal. Além disso, quando aquecidos, provocando-se a saída das moléculas modeladoras, os materiais lamelares obtidos passam, sucessivamente, pelas transições estruturais lamelar hexagonal e hexagonal amorfo, conforme constatado analisando-se os difratogramas de raios-X de amostras calcinadas[2,4,5].

Por outro lado, a termogravimetria tem se mostrado como técnica confiável para o estudo de materiais amorfos[9] ou lamelares[10,11], observando-se correlações lineares entre a energia de ativa-

(1) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, Roraima. E-mail: robsonfarias@pesquisador.cnpq.br

ção calculada para o processo de termodegradação não-isotérmica e as entalpias para os processos de troca iônica ou intercalação de moléculas orgânicas em matrizes lamelares de fosfato de titânio[11].

O presente trabalho tem por objetivo calcular, utilizando-se dados obtidos por termogravimetria não-isotérmica, as energias de ativação envolvidas nas transições lamelar hexagonal e hexagonal amorfo, em amostras lamelares de sílica, tendo em vista as potencialidades de utilização de sólidos porosos hexagonais, tal como em catálise heterogênea[12].

Experimental

As amostras lamelares de sílica foram sintetizadas conforme anteriormente descrito[2-6]: 10,0 mmol de diaminododecano (DAD) foram dissolvidos em 0,5 mol de propanol e em 3,3 mol de água destilada. À esta solução, foram acrescentados 9,5 mmol de tetraetilortosilicato (TEOS). O gel, assim obtido, foi agitado durante 20,0 minutos, sendo, depois, deixado em repouso por 24,0 h, promovendo-se, a seguir, a filtração e secagem sob vácuo a 80,0 °C durante 8,0 h.

Os difratogramas de raios-X foram obtidos utilizando-se equipamento da marca Shimadzu, modelo XD3A (radiação Cu-K). As curvas termogravimétricas foram obtidas num equipamento Shimadzu TGA-50 e as curvas DSC Du Pont 2100, sempre sob atmosfera de argônio e razão de aquecimento de 5 °C min^{-1}, em ambas as análises.

Resultados e discussão

O difratograma de raios-X da sílica lamelar apresenta picos de difração em valores de 2 iguais a 3,8°, 7,3° e 11,5° correspondendo a valores de distância interplanar de 2,3 nm, 1,2 nm e 0,8 nm, respectivamente, confirmando, assim, a natureza lamelar do material obtido, sendo os picos atribuídos às difrações dos planos 001, 002 e 003 respectivamente[2-6].

A curva TG da sílica lamelar, mostrada na Figura 1, exibe três etapas de perda de massa: entre 100-150°C, 150-350°C e 400-550 °C respectivamente. Difratogramas de raios-X de amostras calcinadas mostram que, quando calcinada a 200°C, a sílica sofre a transição lamelar hexagonal, sofrendo a transição hexagonal amorfo[2-6], quando calcinada a 500°C. Assim, a primeira das etapas de perda de massa corresponde à transição lamelar hexa-

Figura 1. Curvas TG e DTG de sílica lamelar obtida pela rota da diamina neutra.

gonal, ao passo que a última corresponde à transição hexagonal amorfo. O difratograma de raios-X da amostra calcinada a 200 °C durante 3h é mostrado na Figura 2. Conforme pode ser observado, apenas o pico referente ao plano 001 encontra-se presente, confirmando a transição estrutural lamelar hexagonal[1-6].

Os parâmetros cinéticos calculados para as três etapas de perda de massa, utilizando-se o método não isotérmico de Coats-Redfern[13], encontram-se sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros cinéticos para as três etapas de degradação térmica exibidas pela sílica lamelar sintetizada pela rota da diamina neutra. Conforme determinado por difratometria de raios-X, a primeira etapa correspondende à transição lamelar hexagonal, e a terceira, à transição hexagonal amorfo. E_a é a energia de ativação, n é a ordem de reação, A é o fator de frequência ou pré-exponencial e t é o intervalo de temperatura, na curva TG, considerado para a realização dos cálculos.

Etapa	E_a/kJ mol^{-1}	n	A	t/ºC
1ª	95	2	6,4 x 10^{11}	65-171
2ª	110	3	1,8 x 10^{11}	171-360
3ª	166	2	8,3 x 10^{10}	381-601

Analisando-se os parâmetros cinéticos calculados, verifica-se que a transição hexagonal amorfo requer uma energia de ativação, apreciavelmente, maior (75% maior) do que a transição lamelar hexagonal. Além disso, observa-se um aumento progressivo nos valores de E_a da primeira para a terceira etapa de termodegradação.

O aumento progressivo no valor de E_a, à medida que moléculas de diamina são retiradas do substrato, certamente é bastante coerente, uma vez que torna-se, progressivamente, mais difícil retirar-se as moléculas *template*, em função de transformações estruturais cada vez mais drásticas. Assim, torna-se coerente que o valor de E_a seja maior para a transição hexagonal amorfo, uma vez que, nesta última etapa do processo de termodegradação, são retiradas, do interior da matriz híbrida, as últimas moléculas da diamina, conduzindo a um colapso total da estrutura. Tal fato é confirmado pela análise da curva DSC[2,4,5], a qual apresenta um grande pico endotérmico entre 350-600°C, correspondendo a um valor de 1,8kJ g^{-1}, enquanto que, na faixa

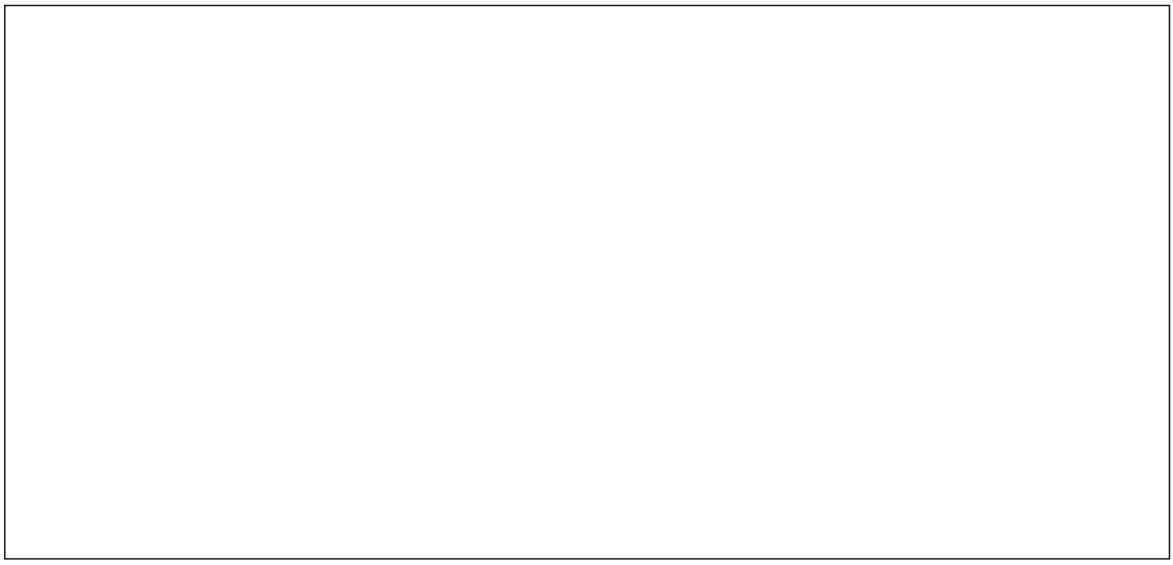


Figura 2. Difratograma de raios-X da sílica lamelar calcinada a 200°C durante 3h, evidenciando a transição lamelar hexagonal.

de 100-350°C, apenas dois pequenos picos endotérmicos são observados.

Como consequência do raciocínio anteriormente exposto, fica claro que, caso o processo de termodegradação fosse reversível, ou seja, se fosse possível iniciar-se com uma matriz amorfa, terminado-se com uma matriz lamelar, as transições lamelar hexagonal e hexagonal amorfo seriam exotérmicas. Assim, o fator entálpico é o determinante na formação da estrutura lamelar, uma vez que, do ponto de vista entrópico, uma matriz de sílica estruturalmente desordenada, com as moléculas de diamina livres, no estado gasoso, é a configuração termodinamicamente mais estável.

Referências

1. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *Quím. Nova*, 2000, *23*, 88.

2. de Farias, R. F. *An. Assoc. Bras. Quím*., 1999, *48*, 112.

3. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Colloid Interf. Sci*., 1999, *220*, 255.

4. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Solid State Chem*., 2000, *149*, 113.

5. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *Colloids Surf. A*, 2000, *172*, 145.

6. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Non-Cryst. Solids*, 2000, *261*, 181.

7. Ugalappan, U.; Neeraj; Raju, B.V.N.; Rao, C.N.R. *Chem. Commun*., 1996, 2243.

8. Matijasic, A.; Voegtlin, A.-C.; Pataron, J.; Guth, J.L.; Huve, L. *Chem. Commun*., 1996, 1123.

9. de Farias, R. F.; Airoldi, C. *J. Thermal Anal*., 1998, *53*, 751.

10. de Farias, R. F.; Nunes, L.M.; Airoldi, C. *J. Thermal Anal. Cal*., 2000, *60*, 517.

11. Nunes, L.M.; Airoldi, C.; de Farias, R.F. *J. Solid State Chem*., 1999, *145*, 649.

12. Rao, C.N.R. *J. Mater. Chem*., 1999, *9*, 1.

13. Coats, A.W.; Redfern, P. *Nature*, 1964, *68*, 201.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 47-49 **ISSN 1809-4791**

Um Estudo de Interesse para a Indústria Têxtil: Teores de Cálcio, Ferro e Magnésio em Algodão

Rina L. da S. Medeiros, Jussara de M. Gondim, Zacheu L. Santos,[1] e Robson F. de Farias[2]

Abstract
A Study for the Textile Industry: Calcium, Iron and Magnesium Contents on Cotton
Fe, Mg and Ca contents on crude and processed cotton samples from different Brazilian states are investigated. Values ranging from 35-154 ppm for iron, 601-1182 ppm for magnesium and 879-1178 ppm for calcium were measured, for crude cotton samples. It is verified that the samples form in Unaí city, state of Minas Gerais, are those with higher magnesium and calcium contents and so, are the less suitable for use in the textile industry.
Key-words: cotton; textile industry; metals.

Introdução

A indústria têxtil nacional, e mesmo mundial, utiliza-se, anualmente, de toneladas de fibras naturais, entre as quais o algodão, para a produção dos mais variados itens. No Brasil, a cultura algodoeira tem sido, ao longo de décadas, geradora de empregos tanto no campo, quanto na indústria. Na região Nordeste do Brasil sobretudo, na qual a cultura do algodão é ainda de grande importância econômica, ter-se um controle adequado do teor de metais nas fibras do produto torna-se de grande importância.

A qualidade final dos tecidos de algodão para confecção de roupas depende, principalmente, do tipo de matéria-prima utilizada. No caso do algodão cru, o mesmo contém quantidades relativamente elevadas de agentes causadores de dureza, tais como compostos de cálcio, ferro e magnésio, oriundos, em sua maior parte, da composição do solo ou de produtos químicos usados no combate às pragas antes da colheita. Esses três elementos podem comprometer a etapa de tingimento, pois, mesmo após os processos de branqueamento alcalino, eles podem permanecer, na forma de hidróxidos ou carbonatos, sobre a camada exterior da fibra, dificultando a fixação dos corantes.

Por sua vez, a espectrometria de absorção atômica tem sido convenientemente empregada para a determinação dos teores de metais alcalinos e alcalino-terrosos em amostras de algodão,

(1) Departamento de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1662, 59078-970 Natal – RN.
(2) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista – RR. Autor para correspondência. E-mail: robsonfarias@ pesquisador.cnpq.br

linho e juta[1], sendo a digestão das amostras efetuada em forno de microondas.

No presente artigo, reportam-se os resultados obtidos nas análises efetuadas em amostras de algodão fornecidas pela empresas COTEMINAS e VICUNHA NORDESTE, ambas sediadas no Rio Grande do Norte. Contudo, amostras de algodão provenientes de diversas partes do país (ver resultados e discussões) foram analisadas.

Parte experimental

As amostras de algodão analisadas, provenientes de diversas partes do país, foram fornecidas pelas empresas COTEMINAS S. A. e VICUNHA NORDESTE S. A. As amostras de algodão foram fornecidas em três modalidades: (a) algodão cru, (b) algodão em fios e (c) o algodão já processado e sob forma de tecido, sendo que, neste último caso, amostras antes e após branqueamento (clarificação) foram analisadas. No caso das amostras de tecido, uma fração das mesmas era cortada e encaminhada para análise. No caso do algodão cru ou sob forma de fibras, porções das amostras fornecidas foram selecionadas para análise.

Os teores de cálcio, ferro e magnésio foram determinados conforme segue:

As amostras de algodão (2,0 g) foram calcinadas a 900 °C durante 1 h. Em seguida, o resíduo resultante foi dissolvido em 5 cm^3 de ácido clorídrico concentrado (~36 %). A solução resultante foi então aquecida, a fim de promover-se a evaporação do solvente, reduzindo-se o volume inicial para 1,0 cm^3.

Em seguida, a solução final foi colocada em balão volumétrico, completando-se o volume para 100 cm^3.

As soluções obtidas após diluição foram então analisadas em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo SpectrAA 110, Varian. Todas as medidas foram feitas em triplicata.

Para as amostras de algodão cru, os teores de manganês e cobre também foram determinados, utilizando-se metodologia idêntica à já descrita.

Resultados e discussões

Os principais resultados obtidos encontram-se resumidos nas Tabela 1. Para as amostras de algodão cru, foram determinados, ainda, os teores de manganês e cobre, mostrados na Tabela 2.

Tabela 1. Teores de ferro, magnésio e cálcio para mostras de algodão cru, algodão em fios e algodão já processado (tecido). Todos os valores em ppm. Para as amostras de algodão cru, indica-se a cidade de procedência. Para as amostras de algodão em fibra ou de tecido, são utilizados números de código adotados pelos fornecedores.

Amostras	Fe	Mg	Ca
Algodão cru			
Marechal Rodon (PR)	92	690	1178
Guará (SP)	154	601	1091
Unaí (MG)	38	1182	1157
Ponta Preta (MT)	48	969	951
Indiara (GO)	35	940	879
Algodão em fios			
759	70	587	731
778	96	921	768
803	50	720	722
804	74	761	671
810	52	822	679
811	57	1020	702
818	129	735	708
819	101	1004	865
833	157	1201	868
842	96	1020	943
843	80	1053	720
849	184	878	774
164	164	755	1008
235	235	1001	1048
157	157	910	1345
258	258	989	1439
134	134	724	1127
Tecido			
I	90	666	689
II	88	626	666
III	140	742	716

Tabela 2. Teores de manganês e cobre para mostras de algodão cru. Todos os valores em ppm. São indicadas as cidades de procedência das amostras.

Amostras	Mn	Cu
Marechal Rondon (PR)	13	3
Guará (SP)	10	1
Unaí (MG)	8	0,7
Ponta Preta (MT)	5	0,3
Indiará (GO)	9	< 0,008

Verifica-se que as amostras de algodão cru com menores teores de manganês e cobre são as cultivadas em Unaí (MG), Ponta Preta (MT) e Indiará (GO). Constata-se, ainda, que as amostras de algodão cru, provenientes da cidade de Marechal Rondon (PR), são as que exibem os teores mais elevados de manganês e cobre.

No tocante aos teores de ferro, magnésio e cálcio, verifica-se que as amostras procedentes de Ponta Preta e Indiará exibem valores aproximadamente iguais de cálcio e magnésio, apresentando baixos teores de ferro. Já as amostras procedentes de Marechal Rondon (PR) e Guará (SP) exibem os mais elevados teores de ferro, exibindo, também, elevados teores de cálcio. As amostras oriundas de Unaí (MG) são as que exibem os mais elevados teores de cálico e magnésio, sendo, portanto, entre as amostras analisadas, as menos adequadas para uso na industrial têxtil, ao menos para a produção de peças de vestuário.

As amostras de algodão em fibras, por sua vez, exibem teores de ferro, cálcio e magnésio comparáveis às amostras de algodão cru. Já as amostras de tecido apresentam, em média, teores de cálcio e magnésio inferiores aos exibidos pelo algodão cru, mostrando que o tratamento efetuado, na indústria, foi eficiente na remoção desses elementos.

Conclusões

Com base nos resultados experimentais obtidos, conclui-se que, em média, as amostras de algodão fornecidas apresentam teores de ferro, magnésio e cálcio adequados para o seu uso na indústria têxtil. Contudo, as amostras provenientes da cidade de Unaí (MG) podem ter sua utilização comprometida, visto que, um tratamento a fim de promover a redução dos teores desses elementos para níveis inferiores implicará, inevitavelmente, num aumento dos custos de produção.

Referências

1. Bokic, L.; Rezic, I.; Flincec, S. *Tekstil*, 2003, *52*, 503.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 51-54 **ISSN 1809-4791**

Répteis e Anfíbios Associados aos Termiteiros *Nasutitermes* e *Cornitermes* no Lavrado de Roraima, Brasil

Sebastião Pereira do Nascimento[(1)], Angélica Auxiliadora da Costa-Pinto[(2)], Rosemberg Ferreira da Silva[(3)] e Paulo Atlântico Figueiredo de Amorim[(3)]

Abstract

Reptiles and Amphibians Associated with Termites *Nasutitermes* and *Cornitermes* of the "Lavrado" the Roraima, Brazil

We collected 146 specimens of reptiles and amphibians associated at nest of termites in three areas of the "lavrado" ecosystem (like savanna) of Roraima. (Salvamento, Uberlândia and Contão). The most representative part was lizards with 50,6%, following by amphibians (41,8%) and snakes (7,6%). It was observed that the lizard *Gymnophthalmus leucomistax*, just found in Salvamento, lives exclusively in the nests of *Nasutitermes minimus*. *Cnemidophorus lemniscatus*, *Tropidurus hispidus*, *Hemidactylus palahichthus* and *H. mabouia* (cosmopolitan species) are associated to three forms of termites (*N. minimus* Holgren, *N. surinamensis* Holgren and *Cornitermes ovatus* Emerson). *Ameiva ameiva*, *Kentropys striatus*, *Tupinambis teguixin*, *Pseudoboa neuwiedii* and *Physalaemus ephippifer* were observed only in nests of *N. surinamensis*. *Anolis auratus* and the snakes *Liophis lineatus* and *Leptodeira annulata* were observed in nests of *N. minimus* as the amphibians *Leptodactylus fuscus*, *L. ocellatus*, *Bufo granulosus* and *Elachistocleis bicolor*. The snakes *Oxybelis aeneus* and *Boa constrictor* were sighted in the nests of *C. ovatus*. *Crotalus ruruima* and the anuran *Bufo marinus* and *P. brachyops* occurs in both the termites of *C. ovatus* and *N. minimus*.

Key-words: Termites; Savanna; Amazonia.

Introdução

Os cupins são invertebrados sociais que podem ser encontrados no solo, em árvores e em outros substratos, dependendo da espécie considerada. Além disso, em muitas regiões, é um grupo que forma grande proporção da biomassa faunística (Sylvester-Bradley *et al*, 1978)[1]. Em certas áreas, as espécies adaptadas ao solo são comuns, dando um aspecto peculiar à paisagem (Bandeira, 1985)[2]. Caso típico são as espécies que ocorrem nas áreas de vegetação aberta do norte e nordeste de Roraima. Estas áreas são conhecidas, regionalmente, como lavrado (Vanzolini & Ccarvalho, 1991)[3] e apresentam diferentes fisionomias, como, por exemplo, aquelas dominadas por termiteiros (ninhos de cupins). Geralmente, estes cupinzeiros estão assentados sobre latossolos amarelos ou afloramentos de rochas (laterita), concentrados nas partes mais elevadas dos relevos no lavrado. Esta variação de

(1) Coordenação Técnico-administrativa INPA/GERR. Rua Coronel Pinto, 341, Centro, 69301-970. Boa Vista, RR, Fone: (95) 623 9433. E-mail:sabamirr@technet.com.br
(2) Acadêmica de Biologia, Faculdade de Biologia da Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana - BR 174, s/n - Jardim floresta, 69310-270 Boa Vista, RR, Fone (95) 621 3176
(3) Museu Integrado de Roraima – MIRR/FEMACT, Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Parque Anauá, 69305-010 Boa Vista, RR, Fone (95) 623 1733

solo, juntamente com a altitude e o tipo de vegetação, são fatores de grande influência na distribuição e na densidade dos ninhos de cupins (Lee & Wood, 1971) [4]. Lee & Wood (1971) [4] também sugerem que os ninhos de matéria orgânica podem representar uma boa fonte de nutrientes para as plantas associadas a eles. No caso particular do lavrado de Roraima, constituem-se também de importante abrigo ou microhabitat para algumas espécies da macrofauna regional, sendo os répteis e anfíbios os grupos que apresentam maior nível de associação com os ninhos de cupinzeiros na região. E, centrado neste aspecto, foi possível realizar um estudo, no sentido de caracterizar as espécies da herpetofauna que estão associadas as três formas mais comuns de cupinzeiros (*Nasutitermes minimus*, *N. surinamensis* e *Cornitermes ovatus*) das áreas de vegetação aberta do norte e nordeste de Roraima. A idéia geral foi a de ampliar o arsenal de informações sobre a ecologia animal deste tipo de ambiente situado no extremo norte da Amazônia brasileira.

Material e métodos

O trabalho de campo foi desenvolvido entre os meses de março e novembro de 2002, com visitas aleatórias, em blocos de horário diurno e noturno (Barbosa, 1993)[5], em várias áreas do lavrado (Carvalho, 1992)[6], sempre priorizando os locais de maior concentração de cupinzeiros das espécies *Nasutitermes minimus* Holgren, *N. surinamensis* Holgren e *Cornitermes ovatus* Emerson. Para obtenção do registro e do comportamento da herpetofauna associada aos ninhos, empregamos duas formas de observação: i) Área externa – estabeleceu-se um contato visual de, aproximadamente, três metros de distância de cada cupinzeiro, ao ponto de visualizar o comportamento dos indivíduos; ii) Área interna – executou-se um corte vertical, a partir do ápice até a área basal de cada cupinzeiro, no intuito de observar os animais alojados no interior das galerias. A visita dos cupinzeiros deu-se de forma aleatória, de acordo com Bandeira & Torres (1985)[7], utilizando o mesmo esforço de coleta para as três espécies de cupins, num período que se estendeu das 08:00 às 17:00 e das 19:00 às 00:00 horas.

Para a captura dos exemplares da herpetofauna, utilizou-se "captura manual" e/ou "arma leve" com cápsula expressa, dando ênfase aos indivíduos diretamente em contato com os ninhos de cupins. Após a captura, os animais foram fixados com formol 10% no próprio local de coleta e conservados em álcool 70%. Todo o material coletado foi depositado na coleção herpetológica do Museu Integrado de Roraima (MIRR), situado na cidade de Boa Vista, capital do Estado. Para o tratamento estatístico, utilizou-se distribuição de freqüência de acordo com Vanzolini (1993) [8].

Resultados e discussão

Foram coletados 142 exemplares de répteis e anfíbios associados às espécies de *Nasutitermes minimus*, *N. surinamensis* e *Cornitermes ovatus* distribuídos no lavrado de Roraima. Do total geral de espécimes, os lagartos apresentaram o maior número de exemplares com 50,6% do total, distribuídos em 9 espécies: *Gymnophthalmus leucomistax* Vanzolini & Carvalho, 1991 (11,6%); *Tropidurus hispidus* Spix, 1825 (9,5%); *Cnemidophorus lemniscatus* Linnaeus, 1758 (8,8%); *Hemidactylus palahichthus* Kluger, 1969 (7.6%); *Hemidactylus mabouia* Mareau de Jonnes, 1818 (5,5%); *Anolis auratus* Daudin, 1802 (2,7%); *Kentropyx striatus* Daudin, 1802 (2,1%); *Ameiva ameiva* Linnaeus, 1758 e *Tupinambis teguixin* Linnaeus, 1758 (1,4% respectivamente). Os anfíbios foram o segundo maior grupo (41,8%) representado por 7 espécies: *Leptodactylus fuscus* Schneider, 1799 (9,5%); *Bufo granulosus* Spix,

1824 (8,8%); *Pleurodema brachyops* Linnaeus, 1758 (7,6%); *Elachistocleis bicolor* Valenciennes, 1838 (6,3%); *Leptodactylus ocellatus* Linnaeus, 1758 (4,2%), Bufo *Marinus Linnaeus*, 1758 e *Physalemus ephippifer* Steindachner, 1864 (2,7% respectivamente). As serpentes (7,6%), com 6 espécies (*Leptodeira annulata* Linnaeus, 1758 (2,7%) – *Crotalus ruruima* Vanzolini, 2002 (1,4%); *Oxybelis aenus* Wagler, 1824 (1,4%); *Liophis lineatus* Linnaeus, 1758, *Pseudoboa neuwiedii* Dumeril & Bibron, 1854 e *Boa constrictor* Linnaeus, 1758 (0,7% respectivamente) – constituíram o menor número de registros por espécimes (Tabela 1).

Tabela 1. Freqüência da herpetofauna associada aos termiteiros no lavrado de Roraima.

Grupo/espécies	N	%	Ninhos de cupins associados*
Ofídia	**11**	**7,6**	
Boa constrictor	1	0,7	Co
Leptodeira annulata	4	2,7	Nm, Ns
Liophis lineatus	1	0,7	Nm, Ns
Pseudoboa neuwiedii	1	0,7	Ns
Oxybelis aeneus	2	1,4	Co
Crotalus ruruima	2	1,4	Nm, Co
Sáuria	**74**	**50,6**	
Hemidactylus palahichthus	11	7,6	Nm, Ns, Co
Hemidactylus mabouia	8	5,5	Nm, Ns, Co
Ameiva ameiva	2	1,4	Nm, Ns
Cnemidophorus lemniscatus	13	8,8	Nm, Ns, Co
Kentropys striatus	3	2,1	Ns
Tupinambis teguinxin	2	1,4	Ns
Gymnophtthalmus leucomistax	17	11,6	Nm
Anolis auratus	4	2,7	Nm
Tropidurus hispisdus	14	9,5	Nm, Ns, Co
Anura	**61**	**41,8**	
Leptodactylus fuscus	14	9,5	Nm, Ns
Leptodactylus ocellatus	6	4,2	Nm, Ns
Pleurodema brachyops	11	7,6	Nm, Co
Physalaemus ephippifer	4	2,7	Ms
Bufo marinus	4	2,7	Nm, Co
Bufo grannulosus	13	8,8	Nm, Ns
Elachistocleis ovalis	9	6,3	Nm, Ns
Total	**146**	**-**	**-**

* Nm (Nasutitermes minimus), Ns (Nasutitermes surinamensis), Co (Cornitermes ovatus)

Dessas populações, foi observado que o lagarto *G. leucomistax*, uma espécie endêmica encontrada nas bordas da Estação Ecológica de Maracá (médio rio Uraricoera), vive, exclusivamente, embaixo dos ninhos de *N. minimus* (Vanzolini & Carvalho, 1991)[3]. Enquanto as espécies *C. lemniscatus*, *T. hispidus*, *H. palahichthus* e *H. mabouia*, formas cosmopolitas (Nascimento, 1998)[9], estão associadas aos três tipos de termiteiros (*C. ovatus*, *N. minimus* e *N. surinamensis*) na região de lavrado. Os lagartos *A. ameiva, K. striatus*, *T. teguixin*, as serpentes *Pseudoboa neuwiedii* e o anfíbio *Physalaemus ephippifer* foram observados somente em ninhos de *N. surinamensis*. No tocante aos lagartos *A. ameiva* e *T. hispidus,* Bandeira & Torres (1985)[7] fizeram observações destas espécies associadas também aos termiteiros de *C. ovatus* para a zona Bragantina (Fazenda Morelândia), região leste do Estado do Pará, assim como a ocorrência de anfíbios. Entretanto, não citam quais as espécies de anuros foram observadas. *A. auratus* e as serpentes *Liophis linneatus* e *Leptodeira annulata* foram observadas em ninhos de *N. minimus* e *N. surinamensis*, igualmente como os anfíbios *L. fuscus*, *L. ocellatus*, *B. granulosus* e *E. bicolor*. As serpentes *O. aeneus* e *B. constrictor* foram avistadas nos ninhos de *C. ovatus. C. ruruima* (cascavel) e os anuros *P. brachyops* e *Bufo marinus* foram observados tanto nos termiteiros de *C. ovatus* como em *N. minimus* (Tabela 1.).

As informações sobre as serpentes mostram-se consideravelmente insipientes, em especial, em função desses animais serem de difícil constatação visual, ao contrário dos lagartos e anfíbios que apresentaram boa incidência e fácil contato visual. As espécies de lagartos heliófilas (*A. auratus*, *C. lemniscatus, K. striatus, A. ameiva, T. teguixin* e *T. hispidus*) foram as mais freqüentes, habitando tanto a parte externa dos termiteiros (durante o dia) como o seu interior (durante a noite) para dormir ou fugir

dos predadores. O *G. leucomistax* passa, durante todo o período de vida, sob os ninhos de cupins. Já as formas ombrófilas (*H. mabouia* e *H. palahichthus*) habitam o interior dos cupinzeiros durante o dia, saindo para a periferia do ninho, no período da noite, para forragear. Os anfíbios, com relativa incidência, mostram-se o grupo mais compenetrado, ocupando sempre o interior das galerias (no caso das espécies que freqüentam o *C. ovatus*) ou sob a área basal dos termiteiros (espécies associadas aos ninhos de *N. minimus* e *N. surinamensis*), saindo, às vezes, à noite, para se alimentar, coincidindo com as serpentes noturnas *B. constrictor*, *L. annulata*, *P. neuwiedii* e *C. ruruima*. As espécies *L. linneatus* (observadas na base do termiteiro) e *O. aeneus* (sobre o ninho de cupim) foram vistas somente durante dia, possivelmente à procura de alimento.

Todos os ninhos de cupins averiguados estavam habitados. Todavia, no trato estomacal da maioria dos indivíduos analisados, principalmente os sapos e lagartos, não havia grande evidência de cupins, sugerindo que estes predadores não procuram os termiteiros apenas pela presença dos cupins, mas também em função da presença de outros invertebrados como aranhas, escorpiões e uma grande diversidade de artrópodes (base alimentar de muitas espécies de sapos e lagartos), que encontram-se também associados aos ninhos de cupins, fatos estes que corroboram prontamente com as observações de Bandeira & Torres (1985)[7]. A presença de pequenos vertebrados (anfíbios, lagartos e roedores) é um forte atrativo para as serpentes, o que determina as mesmas razões dos outros grupos termitófilos a manterem-se agregados aos cupinzeiros. Com isso, admite-se que estes são um dos fatores condicionais para a sobrevivência da herpetofauna local, demonstrando que os termitas exercem uma forte influência na dinâmica ecológica dessas áreas do extremo norte da Amazônia brasileira.

Agradecimentos

Ao Tuxaua Antônio e família (Aldeia Indígena do Contão) pela acolhida e pela permissão para trabalhar na área da aldeia. Ao Sr. Francisco de Assis Lima pela colaboração prestada à equipe de trabalho no campo. Ao Dr. Reinaldo I. Barbosa pelo apoio ao trabalho e contribuição ao manuscrito. Ao Dr. Celso Morato de Carvalho pelas valiosas contribuições e ao Profº Sílvio José R. da Silva pela leitura e correção do texto original.

Referências

1. Sylvester-Bradley, R.; Bandeira, A. G.; Oliveira, L. A. *Acta Amazonica*, 1978, 8, 621.

2. Bandeira, A. G. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi (Zoologia),* 1985, *2*, 39.

3. Vanzolini, P. E.; Carvalho, C. M. *Papéis Avulsos Zool*., 1991, *37*, 173.

4. Lee, K. E.; Wood, T. G. The Termites. Academic Press, London, 1971.

5. Barbosa, R. I. *Entomologia,* 1993, *37*, 763.

6. Carvalho, C. M. Tese de Doutorado. Inst. Nac. Pesq. Amazônia, Manaus, 1992.

7. Bandeira, A.G.; Torres, M. F. P. *Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi (Zoologia),* 1985, *2*, 13.

8. Vanzolini, P. E. *Métodos Estatísticos Elementares em Sistemática Zoológica*. Hucitec, São Paulo, 1993, 130p.

9. Nascimento, S. P. *Bol. Mus. Integ. Roraima*, 1998, *4*, 39.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 55-58 **ISSN 1809-4791**

Variação na Dieta Alimentar de Espécies de Lagartos Presentes no Lavrado de Roraima, Brasil

Sebastião Pereira do Nascimento[(1)], Angélica Auxiliadora da Costa-Pinto[(2)], Paulo Atlântico Figueiredo de Amorim[(3)] e Rosemberg Ferreira da Silva[(3)]

Abstract

Variation on the Food Diet of Seven Lizards Species of the "Lavrado" Ecosystem of Roraima, Brazil

It was collected 372 specimens of lizards in tree areas of the "lavrado" ecosystem of Roraima, Brazil. Of them, 32 individuals belong to seven species (*Cnemidophorus lemniscatus,* 36,3%; *Tropidurus hispidus*, 29,1%; *Kentropyx striatus,* 18,6%; *Ameiva ameiva,* 6,2%; *Tupinambis teguixin,* 4,3%; *Iguana iguana,* 3,4% e *Anolis auratus,* 2,1%) that consume seeds of plant species of the regional woody and shrub stratum. 1.406 seeds of five plant species of the lavrado were quantified: Davilla aspera (48,93%), Clidemia bullosa (33,71%), Miconia cf. argyrophylla (9,74%), Miconia rubra (4,55%) and Curatella americana (3,20%). The use of seeds was similar in tree localites accord with the Index of Similarity of Sørensen varyng of 0,68 to 0,74. It was verified that the period of larger consumption of seeds was among April and June, terminal phase of flowering and fructification of the main plant species of the "lavrado". It was also observed that the consumed seeds represented only 5% of the volume total, when compared with other trophic categories. It was suggested that seed predation by these five lizards species was occasional and it is not an alimentary preference.

Key-words: diet, lizards, ecology.

Introdução

A dieta dos organismos é um fator diretamente ligado à sua sobrevivência, que está limitada, de modo geral, à época reprodutiva, à presença de predadores e a condições climáticas e ambientais. Em tempos passados, os estudos sobre alimentação tendiam a ser simplesmente uma lista qualitativa ou quantitativa do conteúdo estomacal. Ultimamente, as pesquisas começaram a difundir e diversificar estes estudos, abordando a dieta alimentar como um "elemento" de energia líquida por tempo despendido ou outro nível de variável relacionado com a aptidão que pode ser maximizada pela seleção natural (Schoener, 1971)[1] . Estudos recentes têm destacado o papel do alimento no sentido de determinar a densidade de

(1) Núcleo de Pesquisas de Roraima -CPEC/ INPA, Rua Coronel Pinto, 341, Centro, 69301-970 Boa Vista, RR, Fone (95) 623 9433. E-mail:sabamirr@technet.com.br
(2) Acadêmica de Biologia, Faculdade de Biologia da Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana - BR 174, s/n - Jardim floresta, 69310-270 Boa Vista, RR, Fone (95) 621 3176
(3) Museu Integrado de Roraima - MIRR/FEMACT, Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Parque Anauá, 69305-010 Boa Vista, RR, Fone (95) 623 1733

predadores (Hairston *et al.* [2], 1960 apud Ramos, 1981) [3] ou a diversidade de espécies de presas (diversidade trófica) consumidas por cada predador, fator importante em estudos ecológicos de espécies simpátricas (Hurtubia, 1973[4] apud Ramos, 1981) [3]. Outras linhas modernas abrem espaço para a determinação da relação entre predadores e presas, considerando os aspectos sobre a partição do habitat (Ramos, 1981)[3], sobre estratégia de forrageamento, ressaltando a termorregulação (no caso dos répteis e anfíbios) e o grau de atividade de predadores (Colli *et al*., 1997)[5]. Também podem se deter na relação com as comunidades de plantas considerando, principalmente, os predadores que se alimentam de sementes ou frutos, já que estes podem influenciar significativamente na composição, densidade e dispersão de espécies vegetais (Connell, 1971[6]; Janzen, 1970[7], 1971[8]; Smythe, 1989[9]; Fragoso, 1997) [10].

Nas áreas de vegetação aberta (lavrado) do nordeste de Roraima, ocorrem, pelo menos, 15 espécies de lagartos (Nascimento, 1998)[11]. A totalidade dessas espécies alimenta-se, preferencialmente, de invertebrados (artrópodes, moluscos etc) ou pequenos vertebrados (sauros e anuros), variando a forma e o tamanho das presas de acordo com a espécie de lagarto e habitat. Entretanto, algumas possuem o hábito de ingerir sementes de espécies vegetais nativas. Este estudo apresenta dados referentes ao hábito alimentar de sete espécies de lagartos presentes no lavrado de Roraima. O resultado deste trabalho adiciona informações sobre o papel ecológico dos lacertílios nas áreas de vegetação aberta do extremo norte da Amazônia brasileira.

Material e métodos

Situado no extremo norte da Amazônia brasileira, o estado de Roraima possui um ecossistema de vegetação aberta regionalmente denominado como "lavrado" (ver Vanzolini & Carvalho, 1991)[12] que nada mais é que o maior bloco contínuo de áreas abertas encravado no Bioma Amazônia. Estas áreas abertas estão localizadas no nordeste do Estado, representando cerca de 17% da área total. São áreas inseridas sobre a bacia sedimentar da Formação Boa Vista (Ab'Saber, 1997)[13]. Dentro deste domínio estão situados os locais onde foram feitas: (1) Aldeia Indígena do Contão (04° 10' 16'' N e 60/ 11' 17'' W), (2) Fazenda Uberlândia (02° 38' 27'' N e 60° 18' 45'' W), (3) Fazenda Salvamento (03° 18' 55'' N e 61° 27' 51'' W).

As coletas foram feitas através da procura direta dos animais em diferentes ambientes destas localidades durante todo o ano de 2002, perfazendo um total de 372 exemplares. Os lagartos foram capturados, fixados em formol 10% e conservados em álcool 70%, para posterior análise do conteúdo estomacal no laboratório. Para tanto, utilizou-se dos procedimentos do trato digestivo, através de uma incisão longitudinal na região ventral, no sentido de exteriorizar o conteúdo estomacal, contabilizando e identificando apenas as sementes, as quais foram agrupadas em categorias equivalentes às de outros estudos (Colli *et al*, 1997)[5], de maneira a tornar os dados comparáveis. Para o tratamento estatístico, utilizou-se o Índice de Similaridade de Sørensen para comparação entre as três localidades e distribuição de freqüência de acordo com Vanzolini (1993)[14]. Todos os exemplares coletados foram depositados na Coleção Herpetológica do Museu Integrado de Roraima (MIRR), situado na cidade de Boa Vista, Roraima.

Resultados e discussão

Foram coletados um total de 372 exemplares, sendo distribuídos em 7 espécies: *Cnemidophorus lemniscatus* Linnaeus (36,3%);

Tropidurus hispidus Spix, (29,1%); *Kentropyx striatus* Daudin, (18,6%); *Ameiva ameiva* Linnaeus (6,2%); *Tupinambis teguixin* Linnaeus (4,3%); *Iguana iguana* (3,4%) e *Anolis auratus* (2,1%). Desse total, observou-se que 32 indivíduos apresentaram sementes no estômago, sendo quantificadas 1.406 sementes pertencentes a cinco espécies de plantas características do lavrado: *Curatella americana*, *Davilla aspera* (Dilleniaceae), *Clidemia bullosa*, *Miconia argyrophylla* e *Miconia rubra* (Melastomataceae). As sementes mais predadas pelos lagartos foram de *D. aspera* e *C. bullosa* (48,93% e 33,71% respectivamente), seguidas das espécies *M. argyrophylla* (9,74%), *M. rubra* (4,55%) e *C. americana* (3,20%). Em relação à similaridade, de acordo com o Índice de Sørensen, que variou de 0,68 a 0,74 entre as três localidades, constatou-se que as populações de lagartos predam os mesmos tipos de sementes (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de similaridade (Sørensen) entre as localidades.

	Cot	Sav	Ube
Cot	1.00	0.68	0.74
Sav	-	1.00	0.70
Ubl	-	-	1.00

Cot (Contão), Sav (Salvamento), Ube (Uberlândia).

Quanto a outros grupos da herpetofauna do lavrado, foi constatado que alguns indivíduos de *Bufo marinus* (Bufonidae), encontrados próximos a ambientes domésticos, nas localidades Salvamento e Contão, apresentaram sementes de *Annona muricata* (Annonaceae) no trato estomacal. Contudo, essas sementes não foram avaliadas no presente estudo. Dentro do que pode ser observado, verificou-se também que o período de maior consumo de sementes pelos os lagartos foi entre os meses de abril e junho, coincidindo com o final da época de maior floração e frutificação das principais espécies vegetais da região (Reinaldo Imbrozio Barbosa, comunicação pessoal). Embora consideradas abundantes as sementes consumidas, esse valor representou apenas 5% do volume total, quando comparado com outras categorias tróficas (artrópodes, aracnídeos, moluscos etc). Dessa forma, sugere-se que a predação de sementes pelos lagartos é ocasional e não apenas em função de uma preferência alimentar. Contudo, não utilizamos nenhum teste estatístico para comparar a significância de preferência, em função da grande desproporção das sementes em relação às outras categorias de alimentos consumidos. Todavia, alguns autores (Colli *et al.*, 1997)[5]; Ramos, 1981)[3] afirmam que a maioria das espécies de lagartos utiliza-se de diversos itens alimentares, mas que, no geral, determina uma preferência por presas de maiores tamanhos, o que teoricamente demandaria uma melhor compensação em termos energéticos. A razão da preferência pelas presas maiores se dá, principalmente, quando existe abundância de presas, ao passo que as presas menores (em diferentes tamanhos) são consumidas indistintamente (Ramos, 1981)[3]. Esse papel emprega-se perfeitamente no uso das sementes pelos lagartos do lavrado.

Sobre o grau de interação ecológica destes animais com as plantas, não foi possível averiguar o potencial germinativo das sementes após o trato digestivo pelos lagartos. Contudo, estudos equivalentes consideram que sementes procedentes do trato estomacal de vários grupos animais, no geral, apresentam elevado potencial de germinação (José M. Fragoso, comunicação pessoal). Com isso, é possível sugerir que esses lagartos contribuem, de alguma forma, na disseminação de espécies arbóreo-arbustivas do lavrado, mesmo reconhecendo que este fator não se processa isoladamente, dependendo de outros aspectos como as condições de solo (Putz, 1983)[15], de clima ou mesmo da freqüência do fogo que, invariavelmente, pode inibir a germinação das sementes no campo.

Em relação à proporção de tamanho entre os lagartos e as sementes analisadas, embora tenha se observado uma tendência dos lagartos a preferir sementes de tamanhos maiores, seja considerando as sementes como um todo, seja individualizando as formas mais freqüentes, não foi possível fazer uma relação positiva entre o tamanho de lagartos e de sementes, devido ao fato de que os lagartos grandes comem sementes maiores, mas não negam as pequenas. Isto está de acordo com a teoria de Werner & Hall (1974)[16]. Embora longe de ser uma singularidade das populações locais, o uso de sementes por essas espécies do lavrado traduz-se em um mecanismo próprio dentro da dinâmica elementar, capaz de "otimizar" o estado de equilíbrio entre a fauna e a flora dessas áreas abertas do extremo norte da Amazônia.

Agradecimentos

Ao Sr. José Alves e Dona Ceci (Fazenda Salvamento), ao Sr. Antônio e Dona Joana Uchôa (Fazenda Uberlândia), ao Tuxaua Antônio e família (Aldeia do Contão) pela acolhida e pelo constante apoio ao nosso trabalho. Ao Sr. Francisco de Assis Lima pela colaboração prestada à equipe de trabalho no campo. Ao Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa pela contribuição na identificação das espécies vegetais. Ao Dr. Celso Morato de Carvalho pelas valiosas sugestões.

Referências

1. Schoener, T. W. *Annu. Rev. Ecol. Sys*., 1971, 2:369-404.

2. Hairston, N. G.; Smith, F. E.; Slobockin, L. B. *Amer. Nat*., 1960, 94:421-425.

3. Ramos, A. R. *Acta Amazonica*, 1981, 11(3): 511-526.

4. Hurtubia, J. *Ecology*, 1973, 54: 885-890.

5. Colli, G. R.; Péres-JR, A. K..; Zatz, M. G.; Pinto, A. C. S. *Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado*. III, (UnB), Brasília, 1997, 219-223.

6. Connell, J. H. *Dynamics of Populations*, PUDOC, Wageningen, 1971.

7. Janzen, D. H. *Amer. Nat*., 1970, 104:501-528.

8. Janzen, D. H. *Ann. Ver. Ecol. Syst*., 1971, 2:465-492.

9. Smythe, N. *Biotropica*, 1989, 21:50-56.

10. Fragoso, J. M. *Manejo e Conservação de Vida Silvestre no Brasil*, 1997, 9p.

11. Nascimento, S. P. *Bol. Mus. Integ. Roraima*, 1998, 4(1):39-49.

12. Vanzolini, P.E.; Carvalho, C.M.; *Papéis Avulsos Zool*., 1991, 37(12):173-226.

13. Ab' Saber, A. N. *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*, INPA, 1997.

14. Vanzolini, P. E. *Métodos Estatísticos Elementares em Sistemática Zoológica*. Hucitec, São Paulo, 1993, 130p.

15. Putz, F. E. *Ecology*, 1983, 64:1069-1074.

16. Werner, E. E.; Hall, D.J. *Ecology*, 1974, 55:1042-1052.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 59-65 **ISSN 1809-4791**

Análise de Nutrientes no Quiabo (*Hibiscus Esculentus*) Utilizado na Dieta Humana

Maria de F.P. Vieira[(1)], Ângela M.F. Cruz[(1)], Klécia M. Santos[(1)], Maria de F.V. de Moura[(2)] e Robson F. de Farias[(3)]

Abstract
Analysis of Nutrients in the Okra (*Hibiscus Esculentus*) Used in Human Diet
The aim of study was to analyse samples of okra from Chã-Grande and Vitória de Santo Antão in Pernambuco state, as well as from Pium, Santa Cruz, Santo Antônio do Potengi, Coqueiro, Macaiba and Estivas in Rio Grande do Norte state, in order to collect data to establish a regional table of macro and micro nutrients constituting of okra, so that they can help on the application of suitable diets, specially in the cases of nutritional deficiency. This process was developed by determining humidity, ashes, fibers, lipids, proteins and minerals.
Key-words: food composition; minerals; *Hibiscus esculentus;* macro nutrients.

Introdução

A composição dos sais minerais presentes nos alimentos varia conforme sua origem e sofre influências químicas e físico-químicas do solo, associadas a fatores naturais (tipo de solo, pH, capacidade de troca iônica) ou fatores antropogênicos (adubação, fertilização). Seu requerimento na dieta deve atender a diversos propósitos (atividade protoplasmática, permeabilidade das membranas celulares) que são influenciados diretamente pela sua constituição química.

O quiabo é um fruto proveniente do quiabeiro (*Hibiscus esculentus*), uma planta hortícula de origem africana pertencente à família das Malváceas[3]. Possui alto valor nutritivo, medicinal e comercial, tem um ciclo vegetativo rápido, de fácil cultivo e de alta rentabilidade[8,11]. É bastante encontrado no nordeste brasileiro, em especial no Rio Grande do Norte que tem se destacado como um dos grandes produtores. Além de ser usado na alimentação, como um ingrediente importante em diversos pratos da cozinha brasileira, também é utilizado na medicina, atuando como laxante (refrescando o intestino), nos casos de pneumonia, bronquites e tuberculose pulmonar. Por se tratar de um alimento de grande consumo, faz-se necessário estudar a composição do fruto do quiabeiro,

(1) Departamento de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1662, 59078-970 Natal, RN.
(2) Departamento de Farmácia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Cx. Postal 1524, 59078-970, Natal – RN.
(3) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, RR. E-mail: robsonfarias@pesquisador.cnpq.br

cultivado em solo potiguar e pernambucano (fontes para o comércio na CEASA e supermercados de Natal), para compor tabelas de macro e micronutrientes, de modo a auxiliar na aplicação de dietas adequadas, principalmente nos casos de deficiência nutricional[5,15].

Desse modo, este trabalho tem por finalidade avaliar a constituição nutricional do quiabo para compor a tabela de constituição química de alimentos regionais através das determinações dos teores de umidade, cinzas, fibras, lipídeos, proteínas e carboidratos; e dos minerais: cálcio magnésio, sódio, potássio, manganês, zinco, ferro, cobre, fosfato, cloreto e sulfato.

Material e métodos

Amostras

As amostras foram adquiridas em feiras livres, supermercados e CEASA, em Natal/RN, durante os meses de fevereiro e março de 2003. Foram coletados 8 (oito) diferentes tipos de quiabo oriundos das seguintes regiões: X-PE (Chã Grande – município de Caruaru), VSA-PE (município de Vitória de Santo Antão), ambas no Estado de Pernambuco; no Estado do Rio Grande do Norte, teve-se VP-RN (Vale do Pium - município de Nísia Floresta), SC-RN (município de Santa Cruz), SAP-RN (Santo Antônio do Potengi – município de São Gonçalo do Amarante), C-RN (Coqueiro – município de Ceará-Mirim), M-RN (município de Macaíba) e E-RN (Estivas – município de Extremoz).

Preparação das amostras

As amostras (frutos verdes de quiabo verde, cerca de 2,0 kg) foram previamente limpas, com papel toalha para retirada de resíduos não desejáveis (areia, restos de folhas etc.), cortadas em rodelas e distribuídas da seguinte forma:

a. 50 g destinados à determinação de umidade, distribuídos em porções de 10 g cada;
b. 25 g destinados à determinação de cinzas, distribuídos em porções de 5 g cada;
c. A parte restante dos frutos de quiabo foi levada à estufa, a 105 ºC, para desidratação. Posteriormente, foram maceradas e acondicionadas na forma de pó, em frascos de vidro previamente limpos, para a execução das determinações de macro e micronutrientes.

Análise de composição centesimal

A análise dos nutrientes foi realizada em triplicata, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz[17]. A determinação de umidade feita por secagem em estufa (105°C) até peso constante da amostra e as cinzas obtidas através de calcinação em forno mufla a 550°C. Os teores de fibras, lipídeos e proteínas foram determinados por digestão ácida e alcalina, extração soxhlet e método Kjeldahl respectivamente. A fração referente aos carboidratos foi obtida pelo cálculo da diferença das frações analisadas[10,20,28].

Análise de minerais

A quantificação dos minerais foi obtida a partir das cinzas do quiabo, as quais foram dissolvidas em HCl 10% (v/v). As determinações dos metais (Cu, Zn, Na, Fe, K, Ca, Mn, Mg) foram feitas usando-se um Espectrofotômetro de Absorção Atômica Varian[29], modelo SpectrAA 110 (Central Analítica – Depto de Química – UFRN – RN), com lâmpada de catodo oco, calibrado em condições específicas de comprimento de onda, fenda e

mistura de gases para cada elemento. O fosfato foi determinado por Espectroscopia de Absorção Molecular através de um equipamento Varian[26], modelo Cary 1E (Central Analítica – Depto de Química – UFRN – RN), utilizando-se o método do molibdovanadato. O cloreto e o sulfato foram feitos pelos Métodos de Möhr e Turbidimétrico respectivamente. Para a quantificação de cada mineral, foram construídas curvas de calibração, com exceção do cloreto[30-31]. Os padrões e reagentes utilizados foram da marca Merck com certificado de análise rastreado com padrões NIST.

Resultados e discussão

Os resultados de umidade, cinzas, fibras, proteínas e lipídeos estão representados na Tabela 1, onde os valores encontrados foram obtidos através das médias das determinações analíticas. Os valores indicaram que, para a amostra in natura, as regiões que se destacaram foram M-RN, com maior teor de umidade (91,48%), X-PE, com maior quantidade de cinzas (1,02 g / 100 g amostra) e lipídeos (0,82 g / 100 g amostra), SC-RN, com maior teor de fibras (5,15 g / 100 g amostra) e E-RN, com o maior valor protéico (0,84 g / 100 g amostra). Para o resíduo seco, os destaques foram X-PE, com 8,87 g de cinzas, SC-RN, com 46,11 g de fibras, E-RN, com 8,15 g de proteínas e VSA-PE, com 7,51 g de gordura.

Tabela 2. Análise nutricional do quiabo.

Nutrientes	Amostra in natura	Resíduo seco
Umidade	89,71	0,00
Cinzas	0,77	7,54
Fibras	3,02	28,38
Proteínas	0,72	7,05
Lipídeos	0,38	3,74
Carboidratos	5,40	53,27
Cobre	0,19	1,03
Zinco	0,30	2,89
Sódio	6,68	8,07
Ferro	0,36	3,51
Potássio	197,06	1906,25
Cálcio	87,46	848,01
Manganês	0,46	4,54
Magnésio	62,27	606,13
Fosfato	9,70	93,71
Sulfato	42,40	412,56
Cloreto	3,47	33,46

Composição centesimal (g / 100 g); Minerais (mg / 100 g)

Tabela 1. Concentração de nutrientes no quiabo in natura (IN) e no resíduo seco (RS) $\bar{x}$ s (g / 100 g de amostra).

Amostra	Umidade	Cinzas		Fibras		Proteínas		Lipídeos	
	%	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS
X-PE	88,50 (0,66)	1,02 (0,01)	8,87 (0,04)	4,48 (0,07)	38,95 (0,59)	0,79 (0,01)	6,91 (0,06)	0,82 (0,05)	7,16 (0,46)
VSA-PE	90,94 (0,32)	0,75 (0,01)	8,23 (0,04)	2,83 (0,04)	31,26 (0,44)	0,73 (0,03)	8,02 (0,03)	0,68 (0,02)	7,51 (0,19)
VP-RN	88,40 (0,09)	0,82 (0,01)	7,05 (0,05)	4,14 (0,02)	35,68 (0,20)	0,67 (0,03)	5,73 (0,03)	0,24 (0,06)	2,38 (0,57)
SC-RN	88,84 (0,42)	0,79 (0,01)	7,11 (0,08)	5,15 (0,14)	46,11 (1,21)	0,79 (0,01)	7,14 (0,01)	0,27 (0,02)	2,35 (0,21)
C-RN	88,89 (0,31)	0,72 (0,01)	6,44 (0,05)	3,54 (0,12)	31,84 (1,06)	0,82 (0,01)	7,34 (0,04)	0,17 (0,01)	1,51 (0,06)
SAP-RN	90,92 (0,13)	0,62 (0,01)	6,93 (0,10)	1,24 (0,05)	13,62 (0,51)	0,53 (0,01)	5,827 (0,01)	0,27 (0,03)	2,95 (0,30)
M-RN	91,48 (0,55)	0,66 (0,01)	7,75 (0,06)	1,18 (0,01)	14,01 (0,17)	0,62 (0,04)	7,26 (0,04)	0,25 (0,03)	2,94 (0,32)
E-RN	89,69 (0,73)	0,82 (0,03)	7,97 (0,03)	1,54 (0,05)	15,53 (0,48)	0,84 (0,01)	8,15 (0,06)	0,32 (0,02)	3,13 (0,17)

Tabela 3. Determinação de minerais no quiabo in natura (IN) e no resíduo seco (RS), $\bar{x}$ s (mg de metal / 100 g de amostra).

Metal	X-PE		VSA-PE		VP-RN		SC-RN		C-RN		SAP-RN		M-RN		E-RN	
	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS	IN	RS
Cobre	0,12 (0,01)	1,02 (0,01)	0,12 (0,01)	1,35 (0,05)	0,08 (0,02)	0,66 (0,02)	0,13 (0,01)	1,13 (0,01)	0,11 (0,01)	0,98 (0,01)	0,10 (0,01)	1,12 (0,02)	0,72 (0,01)	0,85 (0,01)	0,12 (0,01)	1,12 (0,01)
Zinco	0,42 (0,01)	3,69 (0,02)	0,34 (0,04)	3,72 (0,02)	0,29 (0,02)	2,54 (0,02)	0,34 (0,0)	3,02 (0,02)	0,28 (0,02)	2,48 (0,02)	0,26 (0,03)	2,81 (0,01)	0,18 (0,02)	2,18 (0,03)	0,27 (0,04)	2,65 (0,02)
Sódio	4,36 (0,02)	5,98 (0,20)	5,52 (0,04)	1,50 (0,39)	4,77 (0,01)	4,08 (0,11)	5,69 (0,03)	3,20 (0,24)	11,50 (0,06)	11,81 (0,57)	12,64 (0,02)	11,12 (0,24)	5,03 (0,05)	9,02 (0,59)	3,83 (0,11)	17,82 (1,08)
Ferro	0,40 (0,01)	3,50 (0,06)	0,39 (0,01)	4,34 (0,01)	0,29 (0,01)	2,56 (0,11)	0,39 (0,04)	3,51 (0,04)	0,36 (0,05)	3,23 (0,04)	0,34 (0,02)	3,75 (0,02)	0,29 (0,04)	3,37 (0,04)	0,40 (0,01)	3,84 (0,01)
Potássio	332,49 (1,76)	2888 (15,27)	185,98 (0,89)	2053 (9,79)	210,30 (0,35)	1813 (3,00)	182,26 (1,14)	1638 (9,22)	200,06 (0,34)	1813 (13,61)	149,30 (2,78)	1644 (17,84)	164,88 (0,87)	1935 (10,17)	151,21 (1,68)	1466 (16,31)
Cálcio	112,41 (0,31)	977,49 (6,37)	94,32 (0,11)	1041,03 (1,20)	94,23 (0,63)	812,35 (5,42)	108,77 (0,35)	974,66 (3,13)	69,96 (0,87)	620,67 (7,86)	68,82 (2,09)	735,86 (22,89)	71,88 (1,40)	843,71 (16,55)	80,25 (2,36)	778,35 (22,90)
Manganês	0,63 (0,02)	5,48 (0,02)	0,62 (0,01)	6,80 (0,04)	0,30 (0,02)	2,57 (0,02)	0,60 (0,03)	5,40 (0,03)	0,46 (0,04)	4,10 (0,04)	0,36 (0,01)	3,98 (0,01)	0,26 (0,02)	3,31 (0,03)	0,48 (0,01)	4,67 (0,02)
Magnésio	77,81 (036)	676,59 (2,36)	84,74 (0,41)	935,33 (4,57)	100,19 (1,28)	863,69 (11,61)	71,36 (0,23)	639,46 (2,03)	33,34 (1,68)	300,13 (3,70)	49,98 (0,09)	562,28 (14,49)	43,14 (0,16)	506,76 (1,91)	37,61 (0,23)	364,81 (2,22)
Fosfato	13,12 (0,20)	114,07 (1,74)	8,38 (0,40)	92,46 (4,45)	9,96 (0,30)	85,86 (2,57)	10,60 (0,49)	94,95 (4,40)	10,39 (0,18)	93,50 (1,65)	7,35 (0,37)	80,91 (4,02)	7,28 (0,24)	85,49 (2,76)	10,56 (0,29)	102,46 (2,83)
Sulfato	56,28 (3,46)	489,38 (30,11)	45,11 (0,94)	497,88 (10,34)	45,23 (0,47)	389,94 (4,09)	29,66 (0,54)	265,74 (4,88)	52,34 (1,16)	471,11 (10,46)	36,05 (1,30)	397,03 (14,36)	32,76 (0,65)	384,51 (7,61)	41,74 (0,29)	404,86 (2,84)
Cloreto	1,47 (0,06)	12,80 (0,50)	1,09 (0,01)	12,04 (0,15)	4,65 (0,11)	40,11 (0,94)	5,88 (0,01)	52,66 (0,06)	4,18 (0,02)	37,63 (0,15)	3,47 (0,27)	38,16 (2,92)	2,93 (0,02)	34,41 (0,27)	4,11 (0,03)	39,90 (0,27)

A Tabela 2 indica a composição centesimal média do quiabo. Pode-se observar que o quiabo in natura possui elevada umidade comparada aos demais nutrientes, contendo um teor médio de 89,71%, sendo comparada com o valor da Tabela Brasileira de Alimentos (2000) [28] que é de 91% para o quiabo cru[40]. Para o resíduo seco, sobressaem-se os teores de carboidratos (53,27g) e fibras (28,38g).

De acordo com a Tabela 3, que mostra o resultado médio dos minerais na amostra in natura e desidratada, verificou-se que em todas as regiões analisadas o potássio é o elemento que está em maior quantidade, seguido por cálcio e magnésio; ao passo que o cobre e o zinco apresentaram os menores teores.

Na Tabela 2, observa-se que, para a amostra in natura, o potássio apresentou teor médio de 197,06 mg / 100 g de quiabo, que é um valor inferior ao da média dos alimentos considerados ricos em potássio (~300 mg / 100 g). Porém, 100 g de quiabo representa a média que um adulto normal retém, que é de 188 mg diários[13]. O cálcio e o magnésio indicaram 87,46 e 62,27 mg / 100 g amostra respectivamente. Já o ferro apresentou um teor de 0,36 mg / 100 g de quiabo, que está longe de ser uma boa fonte desse metal. O cloreto e o sulfato obtiveram uma média de 3,47 e 42,40 mg / 100 g amostra respectivamente. Estes valores estão abaixo da média dos alimentos ricos em cloreto e sulfato (>200 mg / 100 g de alimento). A amostra X-PE destacou-se como a da região que apresentou maior quantidade de nutrientes.

Tabela 4. Comparação de nutrientes do quiabo in natura com alguns alimentos ingeridos diariamente: Composição centesimal (g / 100 g), Metal (mg / 100 g).

Nutrientes	Alimentos (crus) com teores semelhantes ao quiabo
Fibras	Grão de bico (3,0), lentilha (3,20), amendoim (2,90)
Proteínas	cenoura (0,61), azeitona verde (0,80) e pepino (0,70)
Lipídeos	Farinha de peixe (0,30), polvo fresco (0,32), tangerina (0,30)
Carboidratos	Pimenta do reino (5,0), pimentão verde (5,70), palmito (5,20)
Cobre	Tomate (0,20), couve (0,19), beterraba (0,18)
Zinco	Cenoura (0,30), gérmen de trigo (0,35), abacaxi (0,25)
Sódio	Alfafa (8,0), caju (12,0)
Ferro	Berinjela (0,40), chuchu verde (0,40)
Potássio	Tomate (195,1), rabada (195,4), laranja (199,7)
Cálcio	Amêndoa (92,0)
Manganês	Ostra (0,50), beterraba (0,50)
Magnésio	Espinafre (64,0), tâmara (65,0), peixes do mar (71,0)
Fosfato	Cana de açúcar (10,0)
Sulfato	Batata inglesa (43,0)

A eficiência nutricional do quiabo pode ser avaliada na Tabela 4, que exibe os principais alimentos que possuem teores semelhantes aos do quiabo in natura. Essa comparação demonstra o alto valor nutritivo do quiabo e sua eficácia em substituição aos alimentos ingeridos diariamente.

As figuras 1 e 2 exibem um resumo da composição nutricional do alimento em estudo. Através da Figura 1, confirma-se o fato de que o quiabo é constituído por cerca de 90% de água, seguido de carboidratos (6%) e fibras (5%). A Figura 2 indica os principais minerais presentes

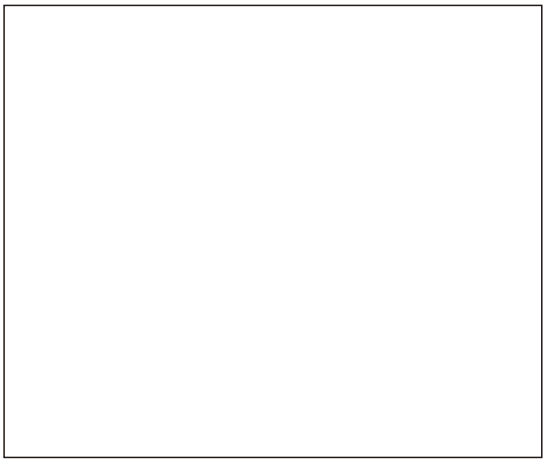


Figura 1. Composição centesimal do quiabo in natura.

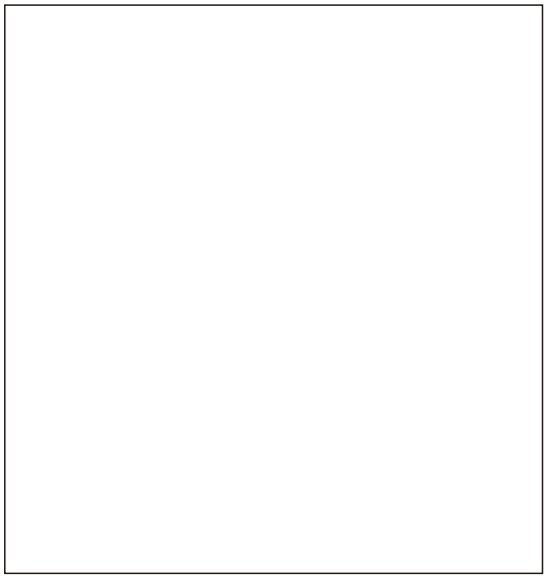


Figura 2. Minerais que estão em maior concentração no quiabo

no quiabo, dos quais destacam-se o potássio (49%), cálcio (22%) e magnésio (15%).

Conclusão

Os dados obtidos assemelham-se aos apresentados pela Tabela Brasileira de Alimentos (2000)[40]. Alguns com valores bem semelhantes, tal como o elemento zinco que apresentou o mesmo teor existente na cenoura.

Deve-se considerar que as amostras foram obtidas nos meses de fevereiro e março e que há outras variáveis a serem consideradas quando em períodos diferentes; como, por exemplo, a quantidade de chuva.

De modo geral, o quiabo cultivado na região pernambucana (X-PE e VSA-PE), quando comparado com as amostras produzidas em solo potiguar, aparenta ter uma melhor qualidade com relação aos nutrientes metálicos.

Deve-se concluir que o quiabo é uma excelente fonte alimentícia, pois satisfaz, em grande parte, as necessidades diárias de macro e micronutrientes da dieta. Este fato comprova a popularidade desse fruto como benéfico à saúde humana quando incluso numa dieta alimentar balanceada.

Os dados obtidos estão sendo usados para compor a tabela regional de alimentos, auxiliando na melhor estimativa de consumo de nutrientes em inquéritos dietéticos.

Referências

1. Adad, J. M. T. *Controle Químico de Qualidade*, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.

2. APHA-AWWA-WPCF. *Metodos Normalizados para el Analisis de Aguas Potables y Residuales,* Madrid: Diaz de Santos S/A, 1992.

3. Awad, M. [et al] *Introdução à Fisiologia Vegetal,* São Paulo: Nobel, 1983.

4. Balbach, A.; Boarim D. S. F. *As Hortaliças na Medicina Natural,* 1ª ed. São Paulo: Missionária, 1992.

5. Bobbio, F. O. *Introdução à Química de Alimentos,* 2ª ed., São Paulo: Livraria Varela, 1992.

6. Bobbio, F. O.; Bobbio, P. A. *Manual de Laboratório de Química de Alimentos,* São Paulo: Livraria Varela, 1995.

7. Bobbio, P. A. *Química do Processamento de Alimentos,* 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992.

8. Camargo, L. S. *As Hortaliças e seu Cultivo,* 3ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1992.

9. Cecchi, H. M. *Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos,* Campinas: UNICAMP, 1999.

10. Christian, G. D. *Analytical Chemistry,* 4ª ed., Canadá: John Wiley & Sons, 1986.

11. Epstein, E. *Nutrição Mineral das Plantas: Princípios e Perspectivas.* São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

12. Ferri, M. G. *Fisiologia Vegetal.* v.1. São Paulo: EPU, 1985.

13. Franco, G. *Tabela de Composição Química de Alimentos*, 9ª. ed., São Paulo: Atheneu, 1992.

14. Gava, A. J. *Princípios de Tecnologia de Alimentos*, 7ª ed., São Paulo: Nobel, 1984.

15. Haag, H.P. [et al] *Nutrição Mineral em Hortaliças.* Campinas: Fundação Cargill, 1981.

16. IBGE – Censo Agropecuário – Tabela 75. Produção dos produtos da horticultura, segundo as mesorregiões e municípios. Rio Grande do Norte: 1995 – 1996.

17. Lutz, A. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: *Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos.* São Paulo: O Instituto, 1985.

18. Jeffery, G. H. [et al]. *Análise Química Quantitativa*. Traduzida por Horacio Macedo Ex-professor do Instituto de Química, UFRJ. 5ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989.

19. Laszlo, H. [et al]. Química dos Alimentos*:* Alteração dos Componentes Orgânicos. São Paulo: Nobel, 1986.

20. Mahan, L. K. [et al]: *Krause:* Alimentos, Nutrição & Dietoterapia. Tradução Andréa Favano. - 9 ed., São Paulo: Roca, 1998.

21. Morita, T. [et al] Manual de Soluções, Reagentes e Solventes - Padronização**,** Preparação e Purificação**.** 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1986.

22. Niclson, S. S. *Introduction to the Chemical Analysis of Foods.* London: Jones and Bartlet Publishers International, 1994

23. Ribeiro, E. *Plantas Medicinais e Complementos Bioterápicos*. Mem. Martins Codex-Portugal: Direitos reservados por: livros de vida editores, Ltda, 1995.

24. Shriver, D. F.; Atkins. P. W. *Inorganic Chemistry.* 3ª ed.. New York: Oxford, 1999.

25. Silva, D. J. Análise de Alimentos (Métodos Químicos e Biológicos). 2ª ed., Viçosa: UFV, impr. Univ. 1990.

26. Skoog, D. A.; Lary, J. J. *Principles of Instrumental Analysis.* 4ª ed., Orlando: Sanders College Publishing, 1992.

27. Skoog, D. A.; West, D. M.; Hopper, F. J. *Fundaments of Analytical Chemistry*. 6ª ed., Orlando: Sanders College Publishing. 1992

28. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos,* Projeto Integrado de Composição de Alimentos. São Paulo, 2000. http: //www.fcf.usp.br/tabela/Danecoce/index.htm.

29. Varian Austria Pty Ltda. Flame Atomic Absorption Spectrometry – *Analytical Methods.* Australia, 1989.

30. Vogel, A. [et al] *Análise Inorgânica Quantitativa.* 4ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Dois, S.A., 1981.

31. Vogel, A. *Análise Química Quantitativa.* 5ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, S.A., 1992.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 67-74 **ISSN 1809-4791**

Sobre a Ineficiência do Epicarpo de Babaçu para a Remoção de Metais Pesados em Amostras de Água

Leonardo B. Cantanhede[1], Cícero W.B. Bezerra[1] e Robson F. de Farias[2]

Abstract

About the low Efficiency of Babaçu Coconut Epicarp to the Removal of Heavy Metal Cations from Water

In this work, babaçu coconut epicarp, by being a product of low cost and to exist in abundance in the State of Maranhão, was studied as adsorptive agent towards Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} and Zn^{2+}. It is verified that the babaçu coconut epicarp exhibits a very low affinity towards the investigated cations, been a poor adsorbent for such purpose.

Key-words: babaçu coconut epicarp, metal cations, adsorption.

Introdução

Alguns metais, apesar de serem biologicamente essenciais para o homem, como o cobalto, o cobre, o níquel, o zinco e o ferro, dentre outros, podem apresentar riscos à saúde humana quando ingeridos em grandes quantidades. Por sua vez, a atividade industrial e mineradora, por exemplo, tem, ao longo dos anos, submetido diferentes partes do país e do mundo à contaminação pelos chamados metais pesados.

Os processos de adsorção se apresentam como uma alternativa viável no tratamento de efluentes, tanto líquidos quanto gasosos, pois, permitem a remoção de grandes quantidades de substâncias com custos relativamente baixos, dependendo do tipo de adsorvente, e com um menor tempo de processamento, além da possibilidade de reutilização do material.

No Estado do Maranhão, o babaçu destaca-se como uma biomassa com enorme potencial de aproveitamento, tanto pela sua área de cobertura (cerca de 4,0 milhões de hectares), quanto pela sua produção (algo em torno de 6,7 milhões de toneladas por ano). Outro fator de alta relevância é a quantidade de produtos obtidos a partir do fruto (coco babaçu), o qual é formado por quatro partes: a amêndoa, o endocarpo, o mesocarpo e o epicarpo[1].

Da amêndoa se produz o óleo para fins domésticos e industriais. Atualmente, o óleo de babaçu vem sendo explorado e empregado, em larga escala, para a produção de biodiesel. O mesocarpo é utilizado tanto na alimentação humana,

(1) Departamento de Química, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses s/n, 65080-040 São Luis, MA.
(2) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, RR. E-mail: robsonfarias@pesquisador.cnpq.br

quanto na alimentação animal. O endocarpo, parte lenhosa, é bastante utilizado na produção de carvão para servir de combustível na cocção dos alimentos. Já o epicarpo não apresenta uma utilidade específica. Hoje, porém, torna-se cada vez mais comum o seu uso na fabricação de carvão em caldeiras rústicas, tanto para fins domésticos, quanto industriais.

Por ser um substrato não-tóxico e de baixo custo, o epicarpo de babaçu poderia, em princípio, ser considerado como um adsorvente em potencial para a remoção de metais pesados de amostras de água. Contudo, sua efetividade para este fim precisa ser avaliada. Em função disso, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a capacidade adsortiva do epicarpo de babaçu, in natura, com relação a metais divalentes (Cu^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+} e Zn^{2+}).

Parte experimental

As determinações dos respectivos íons, Zn^{2+}, Cu^{2+}, Co^{2+} e Ni^{2+}, nos experimentos adsortivos, foram realizadas em triplicata, por titulação complexométrica com EDTA, de acordo com a literatura. A solução de EDTA foi, previamente, padronizada a partir de uma solução padrão de $CaCO_3$. Para todos os cátions, foram utilizados os respectivos sulfatos, com exceção do cobalto, para o qual utilizou-se o cloreto.

Os tempos mínimos necessários para o sistema atingir o equilíbrio foram obtidos através de experimentos de adsorção, também pelo método de batelada. Para cada experimento, pesou-se, aproximadamente, 0,1000 g do epicarpo e colocou-se em contato com 20 mL de solução aquosa dos cátions em questão, com concentrações de aproximadamente 10^{-2} $mol.^{L-1}$. Os tempos investigados foram, de: 5; 15; 30; 45; 60; 90; 120 e 150 minutos para todos os metais investigados. Todos os experimentos foram realizados sob agitação e temperatura constantes, 25,0 1,0°C. Todas as adsorções para os metais foram em meio aquoso e sem condições tamponadas de pH.

As amostras de epicarpo do coco babaçu foram fornecidas pelo Sr. José Mário Ferro Frazão. Material obtido pelo sistema utilizado no Projeto *Quebra Coco: Alternativas Econômicas para Agricultura Familiar Assentada em Áreas de Ecossistemas de Babaçuais*, na cidade de Itapecuru – MA[2].

Após a coleta, as amostras foram trituradas, pulverizadas, lavadas, secas à temperatura ambiente e tamisadas (abertura, $0,044 < x < 0,177$) para análises posteriores.

As análises bromatológicas foram realizadas segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.

Resíduo mineral fixo, minerais totais ou cinzas são os nomes dados ao resíduo obtido pelo aquecimento em temperatura próxima a 550 – 660°C.

Na determinação de cinzas, pesou-se 2 g da amostra em cadinhos de porcelana previamente aquecidos, em forno mufla, a 660°C, por uma hora, esfriado em dessecador até a temperatura ambiente e tarado. Secou-se em estufa, carbonizou-se em temperatura baixa e incinerou-se mufla a 660°C, por 4 horas, resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se. A equação 1 expressa o cálculo de cinzas em porcentagem a 660°C.

$$\frac{100xN}{m} = \text{cinza por cento a } 660°C \quad (\textbf{\textit{Equação 1}})$$

Onde:
N = número em gramas de cinzas
m = massa da amostra

Umidade correspondente à perda de peso pelo produto quando aquecido em condições na qual a água é removida.

Na determinação de umidade, pesou-se 5 g da amostra em cápsula de porcelana

previamente aquecida, em estufa, a 105°C, por 1 hora, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e tarado. Aqueceu-se, em estufa, a 105°C, por quatro horas. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se. A equação 2 expressa o cálculo de umidade em porcentagem a 105°C.

$$\frac{100xN}{m} = \text{umidade por cento a 105°C} \quad (\textbf{\textit{Equação 2}})$$

Onde:

N = perda de peso em gramas
m = massa da amostra

A determinação de lipídios é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes (éter de petróleo, hexano etc.) seguida da remoção por evaporação do solvente empregado.

Na determinação de lipídios, pesou-se 3 g da amostra em um cartucho de algodão e transferiu-se para um aparelho extrator Soxhlet. Cobriu-se a amostra do cartucho com algodão. Extraiu-se em aparelho de Soxhlet (cujo balão foi previamente aquecido por uma hora em estufa a 150°C, esfriado em dessecador até a temperatura ambiente e tarado), com hexano por 4 horas. Evaporou-se o solvente e colocou-se o balão com o resíduo a 150°C. Resfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se. A equação 3 expressa o calculo de lipídios em percentagem a 150°C da amostra.

$$\frac{100xN}{m} = \text{lipídios por cento a 150°C} \quad (\textbf{\textit{Equação 3}})$$

Onde:

N = número em gramas de lipídios
m = massa da amostra

A análise termogravimétrica para o epicarpo de babaçu foi realizada em equipamento Shimadzu TGA-50, em atmosfera de nitrogênio e taxa de aquecimento de 10 ºC min^{-1}.

Resultados e discussão

Estabilidade Térmica do Epicarpo de Babaçu

A curva termogravimétrica para o epicarpo de babaçu e a sua derivada estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Curva termogravimétrica para epicarpo de babaçu.

Perdas de massas são observadas como processos endotérmicos nas temperaturas máximas de 49 ^{0}C, 308 ^{0}C, 417 ^{0}C e 436 ^{0}C.

O primeiro processo pode ser atribuído à desidratação do sólido, ou à perda de água adsorvida superficialmente. Aproximadamente, 9% da massa do material é perdida nesta primeira etapa. Este resultado está de acordo com a análise de umidade realizada no sólido e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. percentagem (% m/m) de cinzas, umidade e lipídios no epicarpo.

	Cinzas	Umidade	Lipídios
Epicarpo	1,3 ± 0,12*	8,0 ± 0,16*	0,44 ± 0,08*

* Desvio Padrão para três medidas.

Os dois outros picos principais são os de valores 308 ^{0}C e 417 ^{0}C. Esta faixa de temperatura é responsável, aproximadamente, pela perda de 75% da massa do epicarpo e pode ser atribuída a eliminação de água de constituição, materiais voláteis e combustão de carbono (decomposição da celulose e lignina).

Durante a degradação térmica da palha de arroz, não foi evidenciado nenhum pico característico de formação de fase antes de 1000 ^{0}C. Portanto, os processos em 436 ^{0}C e em 464 ^{0}C também devem estar relacionados com a decomposição da celulose e perda de água de constituição. Após essas etapas, o percentual de massa representa, apenas e aproximadamente, 0,9% da massa inicial. O que equivale a quantidade de cinzas gerada. Este resultado também está de acordo com a composição apresentada na Tabela 1.

Comportamento Cinético dos íons Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}.

Um dos primeiros estudos que devem ser feitos para verificar a viabilidade de uma matriz como adsorvente é o estudo cinético do processo adsortivo. Destes ensaios é que surgem parâmetros, tais como: tempo necessário para que o equilíbrio seja atingido, tempo este a ser utilizado na construção das isotermas; $t_{1/2}$, ou o tempo necessário para alcançar 50% da capacidade adsortiva do material; constante de velocidade, k, a qual indica a rapidez ou lentidão do processo adsortivo.

A variação da sorção em função do tempo para os íons Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} Zn^{2+} está mostrada na Figura 2.

Figura 2. Cinética da adsorção dos íons Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} Zn^{2+}, em meio aquoso, sobre epicarpo de babaçu.

A análise dos gráficos nos permite inferir que o sólido tem pouca afinidade pelos metais estudados e que o processo adsortivo é bastante irregular. O comportamento esperado é que, à medida que o tempo aumenta, aumente também a quantidade adsorvida dos metais sobre o sólido, até que o equilíbrio adsorção dessorção seja atingido, o que no gráfico significa a constância do valor de (quantidade de metal adsorvida/g adsorvente).

A variação observada nos resultados pode ser devida a imprecisão do método analítico e/ou a não-reprodutibilidade dos dados adsortivos, este último, por exemplo, devido a própria heterogeneidade estrutural da matriz, embora os perfis dos gráficos cinéticos tenham se mantido em todos os experimentos realizados. Para se determinar a variabilidade nos resultados das titulações e, portanto, se as variações observadas durante as adsorções eram significativas e se eram decorrentes do procedimento analítico (titulação) ou do adsortivo, uma série de titulações foram executadas em padrões dos íons metálicos para se determinar os intervalos de confiança para os respectivos íons. Como o número de titulações foi reduzido, 8 titulações/íons, o teste-t foi escolhido.

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados experimentais obtidos.

Considerando que apenas erros aleatórios tenham ocorrido durante as titulações (hipótese nula), para o intervalo de confiança de 95% e 7 graus de liberdade (n-1), o parâmetro t é igual a 2,36.

Deste modo, os limites inferior (L_i) e superior (L_s), os quais definem o intervalo de confiança das medidas, são definidos a partir das seguintes relações:

$$x - ts/(n)^{1/2} \qquad x + ts/(n)^{1/2} \qquad (\textit{Equação 4})$$

Para os metais investigados, os intervalos de confiança determinados estão expressos na Tabela 3. O valor L representa a variação, em mmols, para cada faixa.

Tabela 2. Volumes de EDTA e mmols de metais determinados nas titulações complexométricas dos íons Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} Zn^{2+} (V_M = 5,00 mL, n = 8).

EDTA (0,01003 mol/L)				EDTA (0,00998 mol/L)			
[Co^{2+}] 0,00973 mol/L		[Ni^{2+}] 0,01023 mol/L		[Cu^{2+}] 0,0101 mol/L		[Zn^{2+}] 0,00993 mol/L	
EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	Mmol
4,90	0,0491	5,10	0,0511	5,00	0,0499	5,00	0,0499
4,90	0,0491	5,05	0,0506	4,90	0,0494	4,95	0,0494
4,90	0,0491	5,05	0,0506	5,00	0,0489	5,00	0,0499
4,90	0,0491	5,00	0,0501	4,95	0,0499	4,95	0,0494
4,90	0,0491	5,00	0,0501	4,90	0,0494	4,95	0,0494
4,85	0,0486	5,05	0,0506	4,90	0,0489	4,95	0,0494
4,85	0,0486	5,05	0,0506	5,00	0,0489	5,00	0,0499
4,85	0,0486	5,05	0,0506	4,95	0,0499	4,95	0,0494
X	**0,0490**		**0,0506**		**0,0494**		**0,0496**
S	**0,0003**		**0,0003**		**0,0005**		**0,0003**

Tabela 3. Intervalos de confiança e Limites inferior e superior de controles para os metais Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} Zn^{2+} (V_M = 5,00 mL, n = 8).

M^{2+}	Intervalo de confiança (mmols)		
	L_i x - ts/(n)$^{1/2}$	L_s x + ts/(n)$^{1/2}$	L
Níquel	0,0503	0,0508	0,0005
Cobre	0,0490	0,0498	0,0008
Zinco	0,0493	0,0499	0,0006
Cobalto	0,0487	0,0492	0,0005

Os limites superior e inferior definem uma faixa na qual os resultados são indistinguíveis estatisticamente. Assim, se os valores determinados nos processos adsortivos estiverem dentro destes intervalos, os resultados são equivalentes estatisticamente e, portanto, nenhuma adsorção aconteceu. Entretanto, caso os resultados sejam inferiores ao L_i estipulado para cada metal, a variação deverá ser atribuída ao processo adsortivo.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados experimentais obtidos no estudo cinético da adsorção. Cada valor representa o valor médio para duas determinações.

Tabela 4. Volumes de EDTA e mmols de metais determinados nas titulações complexométricas dos íons Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} e Zn^{2+} (V_M = 5,00 mL) nos estudos cinéticos. Os valores apresentados equivalem, respectivamente, aos tempos 0,08; 0,25; 0,5; 1,0; 5,0: 12; 24 e 48 min.

EDTA (0,00998 mol/L)							
$[Co^{2+}]$ 0,00973 mol/L		$[Ni^{2+}]$ 0,01023 mol/L		$[Cu^{2+}]$ 0,0101 mol/L		$[Zn^{2+}]$ 0,00993 mol/L	
EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	mmol	EDTA (ml)	mmol
4,77	0,0476	5,00	0,0499	4,80	0,0479	5,00	0,0499
4,77	0,0476	4,95	0,0494	4,65	0,04641	4,90	0,0489
4,80	0,0479	4,95	0,0494	4,55	0,04541	4,95	0,0494
4,77	0,0476	5,00	0,0499	4,65	0,04641	4,95	0,0494
4,77	0,0476	5,00	0,0499	4,67	0,04661	5,00	0,0499
4,80	0,0479	5,00	0,0499	4,70	0,04691	4,90	0,0489
4,77	0,0476	5,00	0,0499	4,70	0,04691	4,85	0,0484

Como pode ser constatado, com exceção do zinco, os demais íons apresentaram uma quantidade (mmols) em solução, após o contato com o adsorvente, levemente inferior às quantidades determinadas para os padrões (sem contato com o adsorvente), indicando que houve alguma interação adsorvente adsorvato. Este fato pode ser melhor visualizado através de gráficos. Nas Figuras 3 - 6, estão apresentados os gráficos com os valores determinados para os limites inferior e superior, como carta de controle, acrescidos com as quantidades determinadas nos estudos cinéticos.

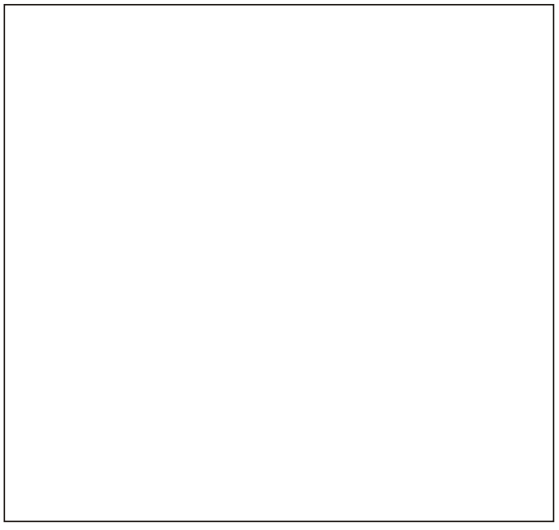


Figura 4: Limites de controle e dados cinéticos para as determinações do íon Ni^{2+}.

Figura 3. Limites de controle e dados cinéticos para as determinações do íon Co^{2+}.

Figura 5. Limites de controle e dados cinéticos para as determinações do íon Cu^{2+}.

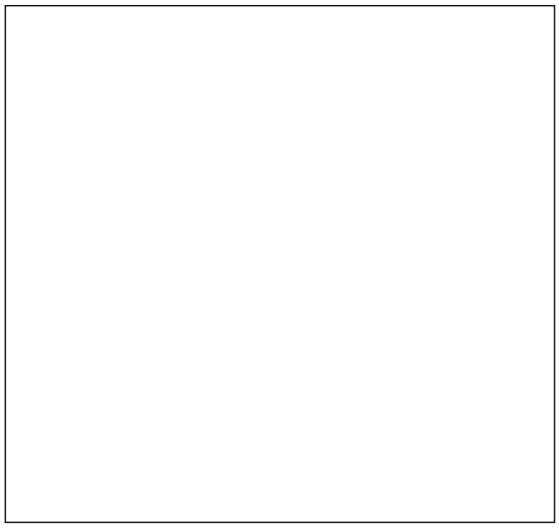


Figura 6: Limites de controle e dados cinéticos para as determinações do íon Zn^{2+}.

Nas determinações efetuadas para o íon Zn^{2+}, quatro, das sete amostras analisadas em função do tempo, são, claramente, indistinguíveis entre si e dos padrões. Apenas três amostras sofreram influência da adsorção, diminuindo a concentração deste íon no meio. Entretanto, para os demais cátions, todos apresentaram, após contato com o adsorvente, redução das respectivas concentrações. Essas reduções, entretanto, não foram significativas a ponto de definirem uma curva cinética. Os resultados oscilam e acusam que a matriz não tem afinidades por metal.

Um outro teste foi realizado para confirmar a afinidade do adsorvente por espécies carregadas. Durante 24h, o epicarpo de babaçu ficou em contato, sob agitação constante, com uma solução 1 molar de HCℓ para protonar os possíveis sítios adsortivos. Após esse tempo, o sistema foi filtrado e lavado com bastante água deionizada, até pH constante. O sólido possivelmente protonado foi titulado por uma solução padrão de NaOH. O resultado está apresentado na Figura 7.

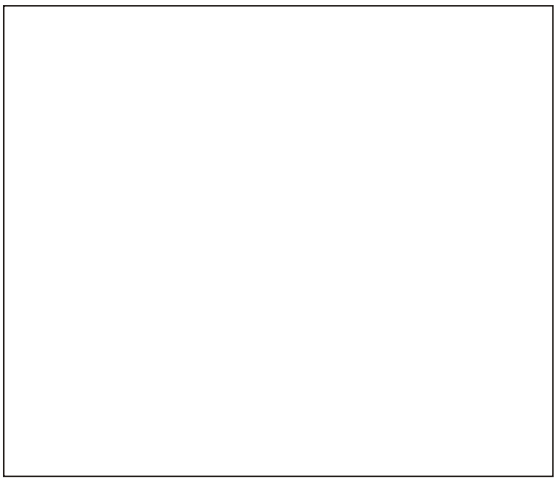


Figura 7. Titulação potenciométrica do epicarpo de babaçu suspenso em água desionizada.

Como o perfil do gráfico sugere, não ocorreu titulação da matriz, mas apenas a diluição da base. Para verificar essa observação, uma titulação com um branco, apenas água desionizada, foi realizada. O resultado está apresentado na Figura 8, indicando que, de fato, o epicarpo de babaçu não apresentou sítios protonáveis e, conseqüentemente, com afinidades para espécies catiônicas.

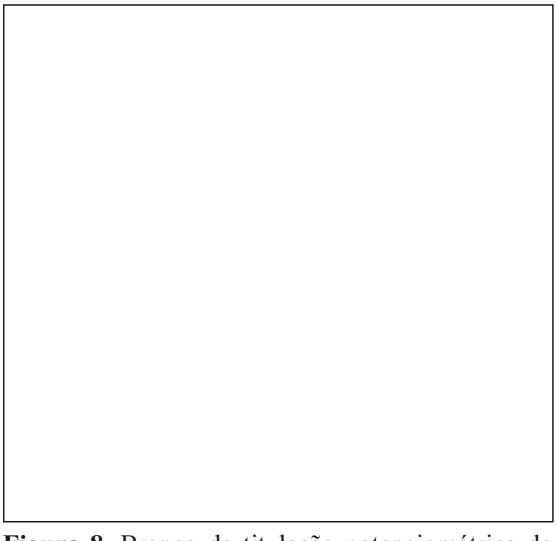


Figura 8. Branco da titulação potenciométrica do epicarpo de babaçu.

Conclusão

Os resultados obtidos conduzem à conclusão inequívoca de que a eficência do epicarpo de babaçu para a remoção dos cátions de metais pesados considerados é muito pequena, sendo este, portanto, um adsorvente inadequado para aquela finalidade.

Referências

1. *Reorganização do Agronegócio do babaçu no Estado do Maranhão.* Disponível em: http://www.sinct.ma.gov.br/areas_programas/agronegocio/estudos/reorganizacao_babacu.pdf

2. Qadeer, R., *Colloids Surfaces A*., 2005, *1*, 17.

3. Instituto Adolfo Lutz, Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed. São Paulo, 1985, v.1. 533 p.

4. Della, V.P.; Kuhn, I.; Hotza, D., *Quím. Nova*, 2001, *24*, 778.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 75-78 **ISSN 1809-4791**

Thermogravimetry and Differential Scanning Calorimetry as useful Techniques to Quality Control in Pharmaceutic Industries: Ascorbic Acid Tablets Analysis

Júlia F.de L. Nunes[(1)], Dulce M. de A. Melo[(1)], Maria de F. V. de Moura[(1)] e Robson F. de Farias[(2)]

Abstract
Besides infrared spectroscopy and X-ray diffractometry, thermogravimetry (TG), and differential scanning calorimetry (DSC), are employed to analyze standard and tablets ascorbic acid samples. Is verified that TG as well as DSC can be successfully employed to determine the purity degree of ascorbic acid in the pharmaceutical formulations (tablets). Taking into account the relatively low cost, as well as the reliable results provided by TG and DSC analysis, is concluded that both techniques can be successfully employed in the pharmaceutical industry as a routine technique to assure the quality of pharmaceutical formulations.
Key-words: ascorbic acid; TG-DSC; quality control.

Introduction

Ascorbic acid is one of the most sold chemical substances for therapeutic purposes, as well as in the food industry as an anti-oxidant agent. Ascorbic acid could suffer modifications on its physical appearance under storage. Such modifications could be provoked by factors such as temperature and humidity changes, oxidation and hydrolysis[1,2].

In the pharmaceutical industry, the use of excipients is of fundamental importance, since them exerts several prominent functions such as agglutination and make easier the tablets decomposition. However, the excipients must not interact chemically with the chemical therapeutic substance, since such interaction could exerts remarkable effects on the desired therapeutic properties[1,2].

In the present study, besides infrared spectroscopy and X-ray diffractometry, thermogravimetry (TG) and differential scanning calorimetry (DSC) are employed to analyze standard ascorbic acid samples as well as ascorbic acid tablets. Is demonstrated that TG and DSC can be successfully employed in the pharmaceutical industry as a routine

(1) Departamento de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, CP 1662, 59078-970 Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
(2) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, Roraima, Brasil. Corresponding author. E-mail: robsonfarias@aol.com

technique to assure the quality of pharmaceutical formulations. Such information is of prominent importance to pharmaceutical industries.

Experimental

Standard ascorbic acid samples (Sigma), and ascorbic acid tablets (Shering do Brasil) were employed in the present study.

The thermogravimetric curves were obtained in the range 30-1200 °C on a Shimadzu TGA-50) apparatus under nitrogen atmosphere. Samples of 4 mg and a gas flow of 50 cm^3 min^{-1} were employed, and a heating rates of 10 °C min^{-1}. The DSC curves were obtained in the range 30-500 °C on a Shimadzu DSC-50H apparatus under nitrogen atmosphere, with a heating rate of 10 °C min^{-1} and a gas flow of 50 cm^3 min^{-1}.

The infrared spectra were obtained in KBr discs in the range 4000-400 cm^{-1} by using a FTIR BOMEM apparatus model MB 102. The X-ray diffraction patterns (powder method) were obtained on a Phillips PW 1710 apparatus by using CuK radiation. The obtained diffraction patterns were compared with standard ones[3].

Results and discussion

The obtained infrared spectra, X-ray diffraction patterns, TG and DSC curves are shown in Figures 1-4, respectively.

The obtained X-ray diffraction patterns for both, ascorbic acid standard samples and ascorbic acid tablets are in agree with standard data for ascorbic acid[3]. In the X-ray pattern of the tablet only diffraction peaks due to ascorbic acid are observed. So, for the ascorbic acid tablet sample must be mentioned that the excipients used by Shering are aerosil (silicon dioxide, SiO_2) and talc (magnesium trisilicate, $2MgO.3SiO_2.xH_2O$). Aerosil is an amorphous

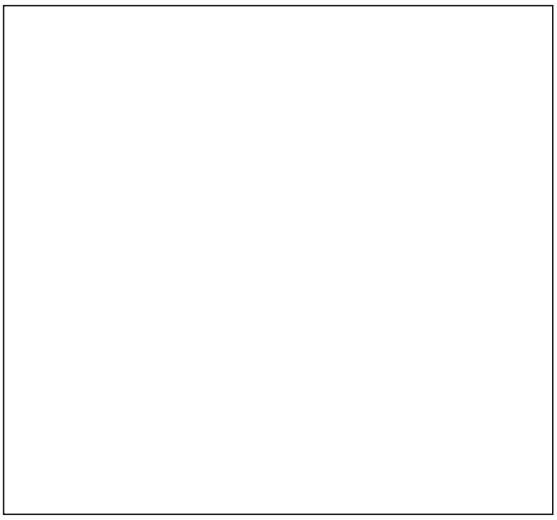


Figure 1. Infrared spectra for standard ascorbic acid sample (a) and ascorbic acid tablet (b).

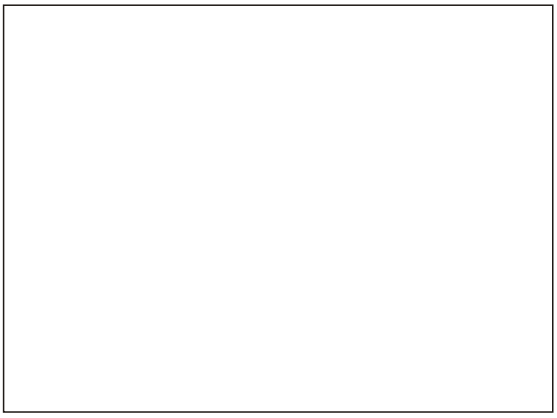


Figure 2. X-ray diffraction patterns for ascorbic acid sample (a) and ascorbic acid tablet (b).

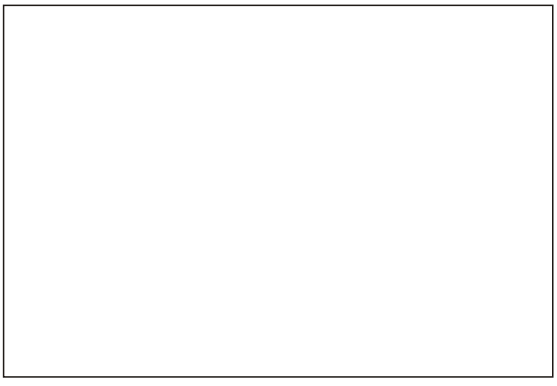


Figure 3. TG curves for ascorbic acid sample (a) and ascorbic acid tablet (b).

Figure 4. DSC curves for ascorbic acid sample (a) and ascorbic acid tablet (b).

substance and talc a crystalline one, as verified by inspection of the obtained X-ray patterns for those compounds (not shown). So, could be concluded that talc is present in such amount that its diffraction peaks are "lost" in the signal-to-noise ratio of the obtained diffraction patterns. So, can be concluded that X-ray diffractometry is not able to detect the presence the excipients in the tablets and so could not be employed neither for qualitative nor for quantitative determinations.

In the infrared spectrum of the ascorbic acid tablet an intense peak around 1050 cm^{-1} associated with the Si-O vibration mode is observed. Obviously, such peak is absent of the standard ascorbic acids sample. Since Si-O bonds are present in both, aerosil and talc, the presence of excipients was certainly detected. However, a quantitative determination based only on the intensity of the Si-O band is not reliable.

Comparing the TG and DSC curves obtained for the standard ascorbic acid and ascorbic acid tablets samples, can be verified that the excipients have decreased the melting point (from 193 °C to 188 °C, the first endothermic peak in the DSC curves) as well as the thermal stability (the second peak, an exothermic one, is associated with the thermal degradation) of ascorbic acid. Since the variation in the melting point is most easily perceived (the melting point of a pure substance is very sensitive to the presence of even very small amount of impurities) than the mass loss variation, DSC can be used to indicate the presence or absence of another substances in the ascorbic acid sample.

The TG data are summarized in Table 1. As can be verified, for the standard sample a 100% mass loss is observed, whereas for the tablets 93.9 % mass loss is detected. The calculated difference, i.e. 6.1 % can be attributed to the excipients. Hence, a quantitative determination can be performed.

Table 1. Thermogravimetric data for the degradation of standard ascorbic acid and ascorbic acid tablets. T_1, T_2 and T_p are the initial, final and "peak" temperatures for the thermal degradation process, respectively. m is the observed mass loss.

	T_1	T_2	T_p	/ %
Standard	220	262	240	33.8
	274	461	323	33.2
	466	845	772	33.0
Tablets	213	1000	231	35.5
			324	31.0
			704	27.4

Conclusion

The obtained experimental results show that thermogravimetry and differential scanning calorimetry can be successfully employed in the pharmaceutical industry as a routine technique to detect quantitatively the presence of excipients in ascorbic acid formulations. DSC is very sensitive to the presence of excipients, and TG is suitable for the quantitative determination, based on the final residues masses.

References

1. Voigt, R.H.; Bornschein, M.; *Tratado de Tenologia Farmacêutica*, 2ª ed., Acribia, Zaragoza, 1982.

2. Prista, L.N.; Alves, A.C.; *Técnica Farmacêutica e Farmácia Galênica*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.

3. Powder Diffraction File of the Joint Committee on Powder Diffraction Data, International Centre for Diffraction data, Swarthmore, PA, 1995.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 79-82 **ISSN 1809-4791**

As Estrelas de Nêutron

José Carlos T. de Oliveira[(1)], Sérgio B. Duarte[(2)], Adriano Barros[(1)], Ijanílio G. de Araújo[(1)], Sumaia Vieira[(1)] e Abel D. Azeredo[(1)]

Introdução

Em 1932, após a descoberta do nêutron pelo físico inglês James Chadwick, a estrela de nêutron foi teoricamente prevista pelo físico soviético Lev Landau.[1] Em 1933, os astrônomos Walter Baade e Fritz Zwicky, em suas investigações sobre supernova no Observatório Monte Wilson, Califórnia, propuseram que as estrelas de nêutron seriam formadas a partir da explosão de supernovas.[2] Para eles, estas estrelas seriam bastante densas, compactas e muito mais ligadas gravitacionalmente do que as estrelas comuns.

Os primeiros cálculos de um modelo para a estrela de nêutron foram realizados, em 1939, por Tolman [3] e Oppenheimer e Volkoff.[4] Eles estimaram para a massa de uma estrela de nêutron o valor limite de ¾ $M_\odot$, onde $M_\odot$ representa a massa do sol.

O estudo das estrelas de nêutron, em geral, tem por objetivo a confirmação das leis da física nuclear, em especial as propriedades da chamada matéria nuclear infinita. Essa matéria tem sua realização simples na região central de um núcleo, onde os efeitos de superfície não são levados em consideração, e onde, também, se faz abstração da presença das cargas elétricas.[5]

A descoberta das estrelas de nêutron

A idéia de a estrela de nêutron ser um objeto compacto e de sua radiação térmica residual ser tão fraca que não fosse observada em distâncias astronômicas com telescópio ótico levou a comunidade de astrônomos a ignorar esta estrela por quase 30 anos.

Em julho de 1967, com um radiotelescópio, construído como parte de sua tese de doutorado na Universidade de Cambridge (Inglaterra), Jocelyn Bell, aluna orientada por Antony Hewish, detectou os pulsos periódicos de ondas de rádio emitidos por objetos astronômicos que se repetiam num intervalo de 1,33730119 segundos.[6] Nunca havia sido detectado no espaço qualquer objeto capaz de emitir pulsos extremamente regulares. Os pesquisadores do grupo de Hewish apelidaram o sinal de *Little Green Men* ("pequenos homens verdes") insinuando a possibilidade de que pudéssemos estar recebendo sinais de uma civilização extraterrestre. Algumas semanas mais tarde, Jocelyn detectou sinais de rádio em outras regiões do espaço, mostrando que, ao invés de civilização extraterrestre, os astrônomos

(1) Grupo de Astrofísica, Gravitação e Relatividade, Departamento de Física, Universidade Federal de Roraima, Av. Ene Garcez 2413, Bairro Aeroporto, 69310-270 Boa Vista, RR. E-mail: jctobvb@bol.com.br
(2) Departamento de Física Nuclear e Altas Energias - DNE, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, Rua Dr. Xavier Sigaud 150, Bairro da Urca, 22290-180 Rio de Janeiro, RJ.

haviam descoberto um novo e estranho objeto no espaço. Estas fontes de rádio foram assim chamadas de pulsares (*pulsing radio sources*).[7] Por esta descoberta, Antony Hewish recebeu o prêmio Nobel em 1974.

Em maio de 1968, Thomas Gold sugeriu, em trabalho intitulado: *Estrelas de Nêutron Girantes como a Origem das Fontes de Rádio Pulsantes*,[8] que os pulsares eram estrelas de nêutron que giravam rapidamente, e isto é aceito hoje.

As descobertas simultâneas dos pulsares de Caranguejo e Vela, em 1968, os quais estão situados em posições que os caracterizam como remanescentes da região central de supernovas, forneceram evidências de que as estrelas de nêutron são formadas a partir da explosão de supernovas. A Nebulosa de Caranguejo, por exemplo, é a remanescente do material ejetado na explosão da supernova observada pelos astrônomos chineses no ano de 1054.[9]

Desde 1968, se fez uma grande quantidade de trabalhos teóricos sobre as propriedades das estrelas de nêutron. Isto foi estimulado ainda mais com a descoberta das fontes compactas de raios-X pulsantes (pulsares de raios-X) pelo satélite Uhuru ("liberdade" em Swahili, a língua do Quênia, onde o satélite foi lançado em 12/12/1970). Foi sugerido que estas fontes de raios-X seriam formadas por estrelas de nêutron em sistemas binários. A comprovação das fontes binárias de raios-X veio, em 1972, com a periodicidade encontrada nas fontes Cen X-3 (Centauro X-3) e Her X-1 (Hércules X-1).

As observações ótica e de raios-X das fontes binárias forneceram a possibilidade de estimar a massa de uma estrela de nêutron em alguns desses sistemas.

Resumindo, desde a descoberta dos pulsares Caranguejo e Vela, outros 250 foram descobertos ao longo dos anos 70. Hoje, o número total de pulsares catalogado está acima de 730.[10]

Mecanismo de formação das estrelas de nêutron

O nascimento de uma estrela é precedido de uma fase embrionária. A protoestrela é formada a partir de uma nuvem de gás interestelar, constituída predominantemente de átomos de hidrogênio, que colapsou devido à sua gravidade interna. Durante o colapso, a energia potencial gravitacional é convertida em energia interna (térmica), aquecendo a região central da protoestrela. O aumento de temperatura leva a um aumento da pressão interna, contrabalançando a gravidade.[5,11]

A energia interna produzida durante o colapso é suficiente para irradiar luz por um período de aproximadamente 15 milhões de anos (intervalo conhecido como o tempo de Kelvin-Helmholtz). Após esse período, a protoestrela precisa repor sua fonte de energia térmica, produzindo-a de alguma outra forma diferente da contração gravitacional. Esta fonte de energia advém das reações de fusão termonuclear.[11] Uma vez que sejam iniciadas essas reações de fusão no centro da protoestrela, ela passa a ser considerada uma estrela.

Os ciclos de reações termonucleares nas estrelas iniciam-se com a fusão do hidrogênio, da qual resulta a síntese do hélio. No entanto, dependendo da magnitude de certos parâmetros, como a massa da estrela, por exemplo, tais reações podem avançar para a nucleossíntese de elementos cada vez mais pesados, até o ponto em que todo o combustível termonuclear disponível tenha sido exaurido.[12]

Quando uma estrela queima todo o seu combustível termonuclear, ela pode se tornar uma estrela de nêutron, dependendo da sua massa inicial. Portanto, a massa é o parâmetro crítico que permite estabelecer tanto a seqüência evolutiva como o ponto final da vida ativa de uma estrela. Acredita-se que a massa inicial de uma estrela desse tipo seja suficientemente ele-

vada para assegurar a formação de um núcleo de ferro de massa ligeiramente superior a 1,4 $M_\odot$ com altas temperaturas e densidades centrais.[13]

Exaurindo o suprimento de combustível termonuclear, a força gravitacional torna-se forte demais para ser mantida pela pressão do gás estelar. Em linhas gerais, a estrela colapsa violentamente, até que, em densidades bem elevadas, os elétrons e os prótons se combinam para formar um gás de nêutrons degenerado. Se a pressão de degenerescência dos nêutrons for suficiente para paralisar o colapso, dá-se então a formação de uma estrela de nêutron.[13] A estrela de nêutron, então, se forma a partir do núcleo da estrela em colapso. Quando uma estrela entra em colapso, uma enorme quantidade de energia, sob a forma de raios-X, raios gama e neutrinos, é liberada repentinamente; essa energia ajuda a ejetar o envoltório exterior da estrela, já grandemente enriquecido pela nucleossíntese, numa violenta explosão de supernova.[13] Dessa forma, os elementos mais pesados do que o hélio são devolvidos ao gás interestelar.

As estrelas liberam uma considerável quantidade de massa durante o curso de sua evolução, e acredita-se que estrelas cuja massa inicial era equivalente a mais de 8 $M_\odot$ podem se transformar em estrelas de nêutron.[10]

Os neutrinos desempenham um papel muito importante no processo de esfriamento da estrela de nêutron: ao escaparem dela, carregam energia suficiente para que a estrela de nêutron se torne fria na escala nuclear (energia térmica por bárion muito menor que 1 MeV). Idealmente, ela estará no estado de mais baixa energia, e os neutrinos produzidos pelas reações, tais como

$$e^- + p \quad n + \quad ,$$
$$n \quad p + e^- +$$

terão escapado da estrela.[14] Uma estrela de nêutron nasce muito quente, com temperatura da ordem de 10^{10} Kelvins, mas esfria rapidamente, alcançando 10^8 Kelvins em um mês.[10]

As propriedades das estrelas de nêutron

Se uma estrela iniciar sua vida com massa entre 8 e 25 $M_\odot$, após transformar o núcleo em ferro, ela ejetará a maior parte de sua massa em uma explosão de supernova e terminará sua vida como uma estrela de nêutron, com uma temperatura superficial acima de 1 milhão de Kelvins, massa de cerca de 1,4 $M_\odot$, e raio de cerca de 10 km.[15,16]

Na Tabela 1, apresentamos as propriedades mais gerais das estrelas de nêutron até agora observadas, comparadas com as do Sol.

Tabela 1. Dados gerais sobre as estrelas de nêutron e o Sol.

Propriedades	Estrela de nêutron	Sol
Massa	$M \sim 1,4\ M_\odot$	$M_\odot = 1,989 \times 10^{30}$ kg
Raio	R ~ 10 km	$R_\odot = 696.000$ km
Densidade média	$\sim 10^{14}$ g/cm^3	$_\odot = 1,41$ g/cm^3
Campo magnético	10^{10} Gauss < B < 10^{13} Gauss	$B_\odot = 1$ Gauss

Observe o enorme valor da densidade média de uma estrela de nêutron apresentada na Tabela 1. O volume correspondendo a um centímetro cúbico de matéria tirada da superfície de uma estrela de nêutron "pesaria" cerca de 100 milhões de toneladas na superfície da Terra![7,17]

Uma outra característica das estrelas de nêutron é o fato de que elas possuem intensos campos magnéticos (ver Tabela 1). Toda estrela possui um campo magnético, em geral fraco. No entanto, quando o núcleo de uma estrela é comprimido até atingir o estágio de uma estrela de nêutron (após uma explosão de supernova, por exemplo), o fraco campo magnético é, também, comprimido. As linhas de campo se adensam, tornando o campo magnético muito intenso.[18]

Conclusões

As estrelas de nêutron apresentam uma relação de proporção inversa entre massa e raio. Quanto maior a massa da estrela de nêutron, menor seu raio. Seu tamanho extremamente pequeno (ver Tabela 1) implica que elas giram muito rápido devido à conservação de momento angular.[18]

A estrela de nêutron é basicamente formada por nêutrons, possuindo uma densidade aproximadamente igual à dos núcleos ordinários 10^{14} g/cm^3. Por esta razão, ela foi batizada de estrela de nêutron e lembra, muito apropriadamente, um núcleo supergigante, de dimensões astronômicas.[5]

A estrela de nêutron, no centro da Nebulosa do Caranguejo, possui um "núcleo atômico" imenso, girando trinta vezes por segundo. Seu intenso campo magnético, ampliado durante o colapso, atrai partículas carregadas, tanto quanto o campo magnético muito menor de Júpiter. Os elétrons, nesse campo magnético rotatório, emitem radiação não somente na freqüência de rádio, mas também em luz visível. Se acontecer da Terra estar em uma direção radial em relação à estrela, um clarão será observado a cada rotação da estrela. Esta é a razão de ser chamada de pulsar. Os pulsares marcam o tempo com mais precisão do que o relógio mais exato.[17]

Referências

1. Landau, L. D.; Phys, Z. *Sowjetunion*, 1932, 1, 285.

2. Baade, W.; Zwicky, F. *Phys. Rev*., 1934, 45, 138.

3. Tolman, R.C. *Phys. Rev.*, 1939, 55, 364.

4. Oppenheimer, J. R.; Volkoff, G. M. *Phys. Rev*., 1939, 55, 374.

5. Chung, K. C. *Vamos Falar de Estrelas?,* Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

6. Hewish, A.; Bell, S. J.; Pilkington, J. D. H.; Scott, P. F.; Collins, R. A. *Nature*, 1968, 217, 709.

7. http://www.on.br/site_edu_dist_estelar/site/conteudo/modulo5/cap1, acessada em janeiro de 2006.

8. Gold, T. *Nature*, 1968, 218, 731.

9. Shapiro, S. L.; Teukolsky, S. A. *Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars*. John Wiley & Sons, New York, 1983.

10. Glendenning, N. K. *Compact Stars:* Nuclear Physics, Particle Physics, and General Relativity, Springer-Verlag, New York, 1997.

11. http://www.if.ufrgs.br/oei/stars/struct/struct_st.htm, acessada em janeiro de 2006.

12. Gonçalves, H. A. R. *Tese de Doutorado, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas*, Rio de Janeiro, 1995.

13. Oliveira, J. C. T. de. *Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba*, João Pessoa, 2000.

14. Weinberg, S. *Gravitation and Cosmology:* Principles and Applications of the General Theory of Relativity, John Wiley & Sons, New York, 1972.

15. Filho, K. S. O.; Saraiva, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica,* Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004.

16. van den Heuvel, E. P. J.; van Paradijs, J. *Binárias de Raios-X,* Scientific American Brasil, 2005, 32, 32.

17. Sagan, K. *Cosmos*; tradução de Ângela do Nascimento Machado, Livraria Francisco Alves Editora S.A., Rio de Janeiro, 1983.

18. http://www.if.ufrgs.br/oei/stars/neutron_st/neutrst.htm, acessada em janeiro de 2006.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 83-86 **ISSN 1809-4791**

Integração Numérica Usando Computação Algébrica

D. Andrade e M.de Campos[(1)]

Abstract
Numeric Integration Using Algebraic Computation
We study numeric integration of a particular differential equation of first order using the methods of the software Maple, a software of algebraic computation.
We compare the results of numeric integration and the analytical integration, with intent to obtain an idea of the difference between the solutions and the order of the approximation.
Key-words: algebraic computation; differential equations.

Introdução

Podemos afirmar que Leonhard Euler foi quem mais contribuiu para os fundamentos no estudo de equações diferenciais[1], não querendo, de modo nenhum, desmerecer os trabalhos dos que o antecederam.

O nascimento do cálculo diferencial e integral com a noção de função e derivada foi o primeiro passo na formação de equações que envolviam derivadas. Podemos citar Newton, Leibniz e Fermat como os precursores do cálculo.

Atualmente, é de conhecimento comum a importância de equações diferenciais em diversos ramos da ciência, porém a solução de uma equação diferencial, mesmo nos dias de hoje, pode ser um trabalho considerável. Particularmente, quando nos deparamos com uma solução analítica para uma determinada equação diferencial, o conforto é maior, porém, na ausência de uma expressão analítica como solução, temos que lançar mão de métodos numéricos.

Um dos métodos de integração numérica é o denominado Runge-Kutta. Carll Runge desenvolveu métodos numéricos para integrar equações diferenciais que surgiram de seu estudo do espectro atômico. Há quem diga que Runge usou tanta matemática em seu trabalho que os físicos pensaram que ele era matemático, por outro lado usou tanta física, que os matemáticos pensaram que ele era um físico. Por sua vez, o matemático alemão Kutta estudou equações diferenciais aplicadas ao estudo de aerofólios em aerodinâmica.

Embora possamos considerar que a integração analítica ou numérica de uma equação diferencial é mais elegante quando realizada manualmente, é de fórum comum o uso da computação na integração de uma equação diferencial, principalmente quando for integrada numericamente.

Existem várias linguagens de programação que podem ser usadas na integração de equações

(1) Departamento de Física. UFRR. Boa Vista. RR. Brasil. E-mail: campos@dfis.ufrr.br

diferenciais, como por exemplo o C e Fortran. Por outro lado, há softwares de computação algébrica que integram equações diferenciais de modo analítico e também numericamente. Nestes softwares, as rotinas de integração já vêm prontas, dando pouca margem ao usuário de interferência no processo de integração.

Muitos pesquisadores preferem fazer seus próprios programas usando a prerrogativa que assim agindo a integração é otimizada, ou seja, realizada com mais eficiência e em menor tempo. A questão que é colocada, de quando em quando, é que se realizando a integração numérica usando um pacote pronto, a otimização é prejudicada. O que pretendemos discutir, neste breve texto, é uma resposta a esta questão.

Usando o software de computação algébrica *Maple*[2-4], onde as rotinas de integração de equações diferenciais já estão definidas, integramos, analitica e numericamente, uma equação diferencial em particular. Comparando a solução analítica com a solução numérica, mostramos que, dependendo do método usado, a diferença entre as soluções pode ser da ordem de 10^{-17}

Comparação entre o método analítico e o numérico

Vamos considerar uma equação diferencial de primeira ordem e homogênea, um caso bastante simples. O objetivo é observar em que ordem de precisão a solução numérica aproxima-se da solução analítica.

Vamos partir de

$$\frac{y(x)}{x} \quad y(x) \quad 0$$

Calculamos a função *y(x)*, que é solução da equação (1), em 35 pontos diferentes, onde *x* varia de -3.5 à 3.5.

A sintaxe usada para resolvermos a equação analiticamente no *Maple* foi a seguinte:

```
>A:=diff(y(x),x)-y(x);
>dsolve(A=0,y(x));
```

Note que os comandos no *Maple* terminam em (;) .

Uma equação diferencial pode ser escrita, no *Maple*, com o comando de derivada *diff*, ou com o operador *D*. A solução exata de tal equação é calculada através do comando dsolve. Depois do último comando, aparece a solução *y(x)* e faremos a atribuição:

```
>y(x):=C1*exp(x);
```

Por simplicidade, vamos considerar a constante de integração unitária. Logo:

```
>C1:=1;
```

Para determinar o valor da função *y(x)*, em um ponto dado, vamos usar os comandos *evalf* e *subs* ,

```
>a1:=evalf(subs(x=0,y(x));
>a2:=evalf(subs(x=0.1,y(x));
.>a35:= ... ;
```

Onde: *a1, a2, ..., a35* são nomes atribuídos à solução em cada ponto determinado.

O comando *evalf* produz o valor da função, com um número de casas decimais que pode ser previamente definido usando o comando *Digitis*. Caso não seja definido, o *Maple* assume como padrão 10 casas decimais. O comando *subs* realiza a substituição do valor atribuído a *x*, na função *y(x)*. Até este ponto, estamos tratando apenas da solução analítica.

O próximo passo é integrarmos a equação (1) numericamente. A sintaxe usada para resolver a equação diferencial numericamente foi a seguinte:

```
>f:=dsolve({D(y)(x)=y(x),y(0)=1},y(x),type
    =numeric,method=classical);
```

Onde os métodos apresentados pelo *Maple* são: Classical, dverk78, gear, mgear, lsode, rkf45, taylorseries. A derivada da função *y(x)*, no comando *dsolve*, é denotada por *D(y)(x)*.

Posteriormente, temos que obter os valores para a função *f*, que é a solução numérica da equação diferencial (1), utilizando os mesmos 35 pontos, usados na solução analítica.

Podemos obter esses valores da seguinte forma:

```
>f(0);
>f(0.1);,
```

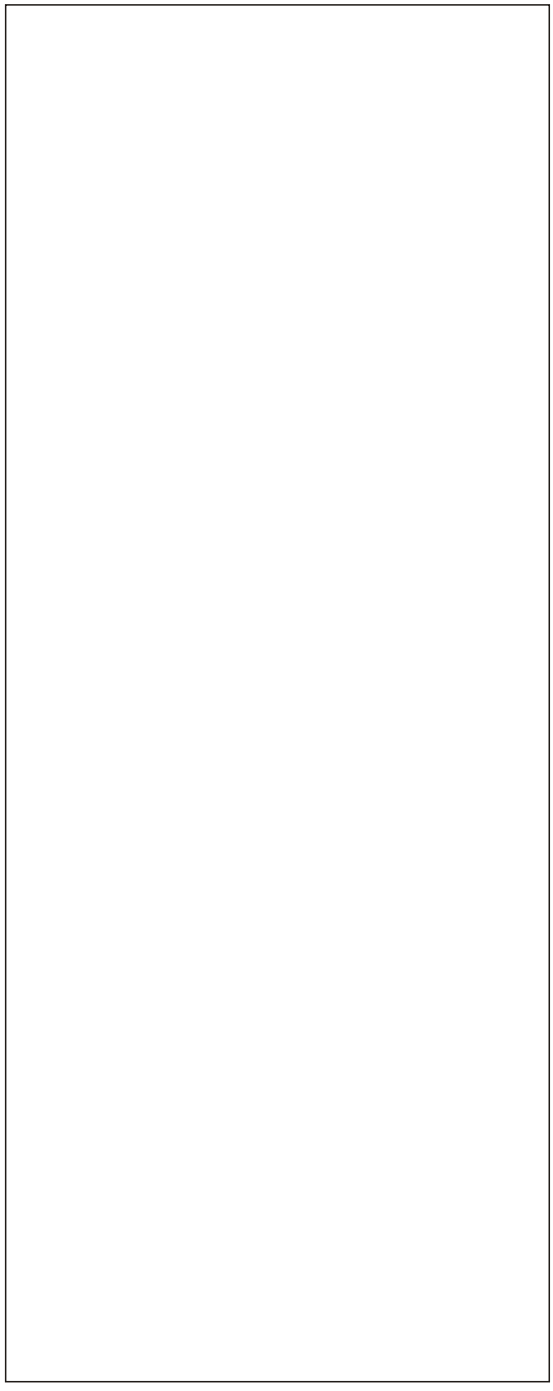
e assim por diante. A cada valor obtido, atribuiremos uma variável correspondente.

Deste modo, para *f(0)*, atribuiremos a variável *f1*. Para *f(0.1)*, atribuiremos a variável *f2*, e assim por diante para os demais pontos.

Depois de obtermos a solução analítica e a solução numérica de cada método, calculamos a diferença entre os resultados obtidos via integração numérica e analítica. Atribuiremos a essa diferença a variável *r1*.

```
>r1:=a1-f1; .
```

O procedimento anterior é o mesmo para os demais pontos e para os demais métodos que existem no *Maple*. Depois de calcularmos a diferença entre o método analítico por cada método numérico, calculamos o logarítmo dessa diferença, e fazemos o gráfico ponto (eixo vertical) versus logarítimo da diferença (eixo horizontal). Os gráficos para quatro métodos diferentes são mostrados na Figura 1.



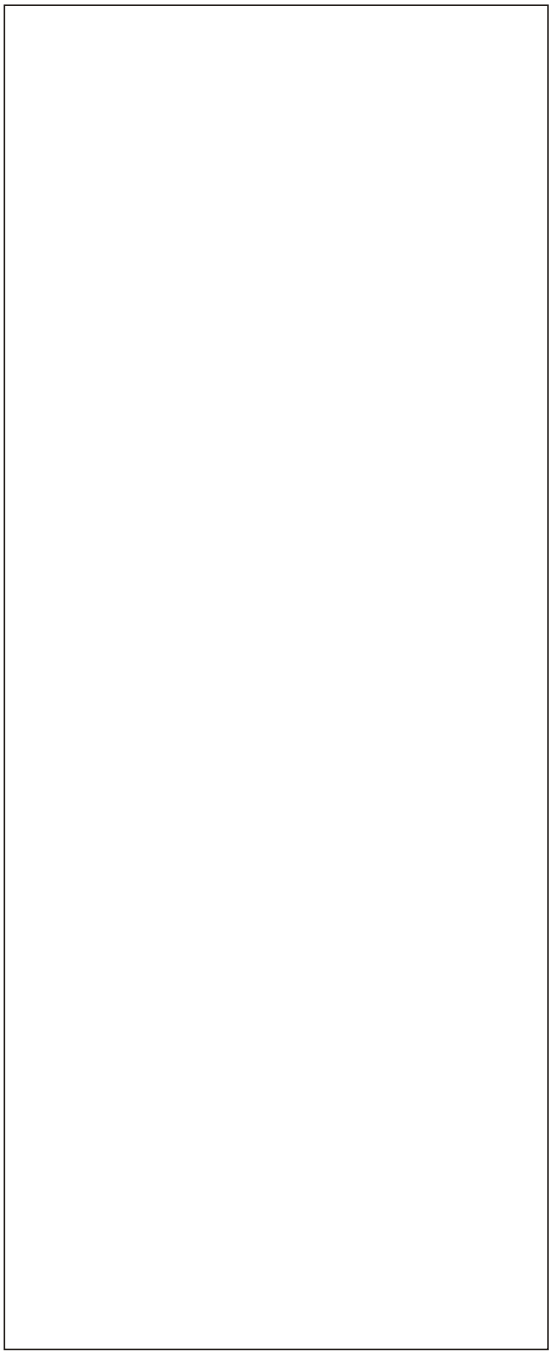


Figura 1. Gráfico para os quatro métodos diferentes utilizados.

Em cada gráfico, aparece o método usado na integração numérica. O eixo vertical refere-se ao logarítmo da diferença entre o método analítico e o método numérico em cada ponto. O eixo horizontal refere-se aos pontos considerados.

Notamos que o método taylorseries é o que oferece a menor distância para a solução analítica para a equação diferencial estudada. Além disso, face aos resultados obtidos, usando-se os métodos de integração numérica do *Maple*, vemos que este pode ser uma ferramenta muito precisa, embora a interferência do pesquisador no processo de integração seja menor do que usando uma linguagem de programação e feitura de programas próprios. Observando a Figura 1, note que o método taylorseries fornece uma diferença para a solução analítica da ordem de 10^{-17}. Ao nosso ver, um caminho interessante seria usar as rotinas do *Maple* em programas desenvolvidos para problemas específicos, usando as interfaces com C e com o Fortran.

Referências

1. Boyce, W. ; Diprima, R. *Equações Diferenciais e Problemas de Valores de Contorno*. Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro, 1979.

2. Portugal, R. *Introdução ao Maple*, CBPF. Rio de Janeiro, 1996.

3. Heck, A. *Introduction to Maple*. Springer Verlarg. Berlin, 1996.

4. Baylis, W. *Theoretical Methods in the Physical Sciences*. Birkhauser. Berlin, 1994.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 87-92 **ISSN 1809-4791**

Introdução da Teoria de Einstein na Sociedade Científica Brasileira de 1920

A. Cordeiro, D. Andrade e M. de Campos[(1)]

Abstract
The Introduction of the Einstein Theory in the Scientific Brazilian Society of the 1920
The introduction of the general relativity in Brazil is a consequence of the Comtian positivism broken. This process is show from the work of H. Morize until the visit of Albert Einstein to Rio de Janeiro at 1925.
Key-words: positivism; relativity theory.

Introdução

Qualquer físico se sentiria realizado em fazer uma grande descoberta e ter a oportunidade de passar pessoalmente o seu achado às futuras gerações de estudantes. Não são muitos os que conseguiram realizar esta proeza, mas Albert Einstein foi um dos que conseguiram.

No espaço de oito meses, no ano de 1905, Einstein completou cinco trabalhos que teriam impacto significativo no mundo. Os cinco artigos dividiam-se entre o estudo do efeito fotoelétrico, o movimento browniano e a teoria da relatividade especial.

No centenário das publicações destes trabalhos, foi considerado o ano de 2005, em uma sessão na ONU, como sendo o ano internacional da física. Muito provavelmente, o trabalho de Einstein que produziu maior impacto e foi merecedor de uma maior divulgação nos meios de comunicação foi a teoria da relatividade especial, complementada posteriormente pela teoria da relatividade geral.

A noção de tempo que deixava de ser uma quantidade absoluta para ser caracterizada como relativa impactava diretamente o imaginário popular.

Neste breve texto, vamos tratar sobre o pensamento científico dominante na época da vinda de Einstein ao Brasil.

Como o positivismo Comteano influenciou o modo de pensar no Brasil e como este processo foi combatido, partindo do trabalho de H. Morize e culminando com a vinda do própio Einstein ao Rio de Janeiro.

Em outras palavras, a vinda de Albert Einstein ao Brasil, em 1925, é o resultado de um processo de reformulação do modo de pensar e direcionar os interesses científicos no Brasil.

Mostrar como a teoria da relatividade entra no Brasil[1] , torna obrigatório uma atenção à

(1) Departamento de Física. UFRR. Boa Vista. RR. Brasil. E-mail: campos@dfis.ufrr.br

transformação e ao modo de pensar da elite científica na época. Não basta apenas relacionar os fatos e o seu encadeamento temporal, mas analisar o processo que resulta na introdução da teoria da relatividade geral no Brasil, que se confunde, em alguns momentos, com o próprio desenvolvimento científico brasileiro.

A Ciência no Brasil por volta de 1900

Estudantes brasileiros que vinham da França, no início de 1900, traziam, em sua bagagem, o positivismo Comteano, influenciando as teses e os estudos de ciência brasileira, naturalmente incluindo a física e a matemática.

Por outro lado, na Europa, o positivismo floresceu como filosofia da ciência, mantendo-se distante da influência de Augusto Comte.

Por Comte ser matemático, o positivismo foi aceito com muita naturalidade pelos matemáticos e servia ainda para balançar o edifício das tradições escolástica-jesuíticas. A classificação hierárquica das ciências propostas por Comte afeta as ciências no Brasil de um modo interessante. A pesquisa científica "pura" é delegada a um segundo plano, assumindo um caráter utilitário, voltada para as necessidades imediatas do ser humano.

O positivismo atinge seu apogeu, no Brasil, em 1930, após a abertura da Universidade do Brasil (atual Campus da Praia Vermelha da Universidade Federal do Rio de Janeiro), no Estado do Rio de Janeiro, na época, Distrito Federal. A adesão da elite científica a esse movimento deu-se devido ao seu desprezo à metafísica e à teologia, além de enaltecer a investigação experimental e a observação como únicas fontes de substancial conhecimento.

A partir da proclamação da República, em 1889, o Brasil passa a viver o momento de modernização, passando a cobrar da ciência projetos que promovessem seu desenvolvimento. Podemos citar, dentre vários projetos, os aplicados na agricultura para atingir o mercado mundial, a urbanização das cidades, extinção de doenças infecciosas, demarcação do território nacional, desenvolvimento das ferrovias e portos para um maior intercâmbio entre os estados, além de buscar um avanço no telégrafo.

A ciência era valorizada por fornecer utilidade e praticidade no desenvolvimento do projeto de modernização. Como consequência, surgem vários institutos de pesquisa num curto espaço de tempo, com um direcionamento para uma demanda utilitária. Podemos citar, como exemplo, o Imperial Observatório que passa a se chamar Observatório Nacional e deixa a pesquisa científica "pura" em segundo plano, passando as suas atividades para delimitação do território nacional, serviço da hora e serviço meteorológico. Nesse período, as escolas politécnicas formam engenheiros para atender ao contexto de desenvolvimento urbano.

O meio acadêmico, além de participar da modernização, participava também da administração pública, ou seja, havia um intercâmbio entre prestígio acadêmico e cargo administrativo. Como prova disso, temos o engenheiro Paulo de Frontin, que exerceu diversos cargos públicos e acadêmicos, e Getúlio das Neves, catedrático da Escola Politécnica, vice-diretor do Clube de Engenharia e vice-governador do Rio de Janeiro. Podemos destacar, entre tantos, Arthur Neiva, Oswaldo Cruz, Otto de Alencar e H. Morize, que era diretor do Observatório Nacional e presidente da Academia Brasileira de Ciências. O seu papel foi fundamental na geração de uma alternativa ao modo "imededia-tista" de visão da ciência.

De Henri Morize a Gleb Wattaghin

Começaram, no final do século XIX, e início do século XX a entrar no Brasil, novas teorias nas áreas da matemática e da física, como o eletromagnetismo, a geometria não-euclidiana, o estudo da radioatividade e a teoria da relatividade geral. Esses ramos da ciência, ao fazerem parte das discussões da comunidade científica brasileira, em parte, criaram conflitos com as idéias um tanto já enraizadas do positivismo, em parte harmonizaram-se.

Essas novas teorias foram bem aceitas nos grupos de professores e alunos mais jovens.

Entre esses podemos destacar, Manoel Amoroso Costa, Roberto Marinho de Azevedo, Theodoro Ramos, Felipe dos Santos Reis, entre outros.

Esses novos estudos causaram polêmica no meio acadêmico brasileiro, já que tratavam de teorias que, aparentemente, não tinham aplicabilidade prática imediata, em especial a teoria da relatividade. Uma ciência pura e desinteressada, que servia apenas para a evolução humana, deixando a aplicabilidade para um segundo momento. Os debates a respeito da teoria da relatividade se multiplicavam e ganharam os jornais. *O Jornal*, no dia 16 de maio de 1925, Licínio Cardoso publica o artigo: *Relatividade Imaginária* e faz constar em ata, de 10 de junho de 1925, de uma reunião da Academia Brasileira de Ciências (ABC), o título de seu artigo. Algumas semanas após a publicação do artigo de L.Cardoso, Roberto Marinho de Azevedo apresenta o artigo: *Resposta a algumas objeções feitas entre nós contra a teoria da relatividade*.

Nessa mesma reunião, o Sr. Álvaro Alberto, que mais tarde seria o primeiro Decano do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza da Universidade Federal do Rio de Janeiro, mostrou a filiação do princípio da relatividade geral à mecânica geral e as razões pelas quais as medidas calorimétricas não podiam, na época, ser influenciadas, de modo sensível, pelas variações de massa apontadas pela teoria da relatividade.

Podemos comprovar a geração do embate com a filosofia positivista dominante no meio científico pelo discurso de H. Morize, na Academia Brasileira de Ciências, ao introduzir a palestra de Émile Borel sobre a teoria da relatividade: (...) toda a verdade, mesmo a mais abstrata, vem, depois de decorridos tempos mais ou menos longos, a fornecer aplicações diretas, que contribuem ao bem estar da humanidade.

Henri Charles Morize nasceu em 31 de dezembro de 1860, em Beaune, França. Chegou ao Brasil, aos 15 anos, com sua família, fugindo da guerra franco-prussiana de 1870[2].

Embora tenha ingressado na faculdade de Direito, não terminou seus estudos, indo formar-se em Engenharia pela Escola Politécnica no Largo de São Francisco (Rio de Janeiro).

Em março de 1884, naturalizou-se brasileiro e, em junho, ingressou como aluno-astrônomo no Imperial Observatório do Rio de Janeiro.

Dom Pedro II nomeia Emanuel Liais para ser diretor do Observatório, o qual aceita o cargo desde que houvesse a separação do Observatório da Escola Central Militar. Depois de Emanuel Liais, é a vez de Luís Cruls dirigir o Observatório e, mais tarde, passar a direção a H. Morize.

H. Morize mostrava interesse pela astrofísica e pela geofísica, apesar de sua inquietação profissional não o permitir fixar-se em fronteiras científicas bem determinadas. Inaugurou novas áreas, como a meteorologia e a climatologia, o que o levava, por vezes, a fazer expedições. Passou alguns meses na fronteira com a Argentina para fazer demarcações de territórios e participou, também, de delimitações geográficas de algumas cidades.

Morize amplia o estudo de posições geográficas, observações geomagnéticas, conheci-

mento antecipado das marés, determinação da hora, auxiliando, assim, a navegação, as vias férreas e o desenvolvimento do telégrafo. Expande o estudo da astrofísica, através dos fenômenos estelares e solares, e da sismologia. Nesse contexto, Morize determina local, data e hora dos eclipses de Passa Quatro (Minas Gerais) e Sobral (Ceará). Em especial o de Sobral, que culminaria na prova necessária para distinguir o ângulo de desvio da luz que passa por um campo gravitacional intenso, calculado pela teoria Newtoniana, do ângulo calculado pela teoria Einsteniana.

A semente, plantada por H. Morize, de uma visão do desenvolvimento da ciência que não, necessariamente, dependesse dos interesses imediatos foi plantada também por um primo do famoso escritor José de Alencar.

O cearense Otto de Alencar transfere-se do Liceu Cearense para a Escola Politécnica, no Rio de Janeiro, onde tem os primeiros contatos com o positivismo. No final do século XIX, ao perceber o anacronismo desta linha filosófica, processa uma ruptura com a filosofia Comteana e mantém contatos com G. Darboux e H. Poincaré.

Como livre-docente nas disciplinas geometria analítica, cálculo diferencial e integral e mecânica racional, influencia um de seus alunos, Amoroso Costa. Amoroso Costa também exerce a livre-docência, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, ensinando astronomia e geodésia. Em Amoroso Costa convergiram as influências de Henrique Morize e Otto de Alencar. Com o primeiro, participou da criação da Sociedade Brasileira de Ciências e, com o segundo, desenvolveu estudos matemáticos.

Podemos afirmar, sem nenhum receio, que Amoroso Costa foi o maior divulgador da teoria da relatividade no Brasil.

Na matemática, Amoroso Costa, além de desenvolver a geometria não-euclidiana, escreve o livro *As idéias fundamentais da matemática*. Publicou outro livro, em 1922, com o título *Introdução à teoria da relatividade geral*[3], o que é de fato surpreendente, pois, o lançamento do livro de Amoroso Costa foi realizado sete anos após a publicação da teoria da relatividade, tornando este livro um dos primeiros a ser publicado sobre o assunto. Participou ativamente da criação da Associação Brasileira de Educação (ABE), entidade que sempre se empenhou na defesa da educação pública brasileira. Na defesa da cultura, não mediu esforços para se colocar contra o positivismo Comteano, promovendo eventos que falassem da ciência. Haja vista o fato de ele ter colaborado, juntamente com a ABC, na despesa da vinda de Émile Borel, da França, para dar uma palestra sobre relatividade.

Antes de seu falecimento, em 3 de dezembro de 1928, em um acidente com um hidroavião na Baía de Guanabara, quando iria recepcionar Santos Dumont, desenvolve estudos com Lélio Gama e Theodoro Ramos[4].

Lélio ingressa na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, convidado por seu professor H. Morize, no cargo de calculador interino. No eclipse total do sol, na cidade de Sobral, Lélio fez parte da equipe. Ajudou a fundar o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada, o Núcleo Técnico de Matemática da Fundação Getúlio Vargas e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, isso somente para citar parte de sua contribuição.

Por outro lado, Theodoro Ramos é quem introduz o cálculo vetorial e tensorial, no curso de Engenharia da Escola Politécnica do Rio, e participa da fundação da Universidade de São Paulo. Ao ser nomeado diretor da Faculdade de Filosofia de Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, recebeu do governador de São Paulo, Armando Sales Nogueira, a chefia da comissão que iria à Europa, em 1934, contratar professores.

Por esta ocasião, Theodoro Ramos, ao chegar na Academia Italiana de Ciência, recebe as indicações de Luigi Fantappie dada por Francesco Severi e de Gleb Wataghin dada pelo físico Enrico Fermi. Os dois físicos aceitaram as condições oferecidas e vieram para o Brasil.

Embora, o eclipse de Sobral, em 1919, tenha sidodeterminante na comprovação da teoria da relatividade geral, bem como sua introdução no Brasil, o processo iniciado por H. Morize e desenvolvido por tantos outros é um dos ingredientes fundamentais.

A visita de Albert Einstein ao Brasil

Einstein já era uma personalidade famosa quando o navio Cap. Polônio ancorou no Brasil, o que aumentou o interesse popular pela teoria da relatividade. No dia 21 de março de 1925, uma comitiva o recebeu no Rio de Janeiro, onde ele fazia uma breve parada de sua viagem à Argentina. Albert Einstein passou poucas horas, mas foi suficiente para fazer uma visita ao Jardim Botânico e almoçar no Hotel Copacabana Palace.

Por sua fama, Einstein foi seguido por jornalistas e deu entrevistas. Durante o almoço, ao ser abordado sobre a comprovação de sua teoria, escreveu em um pedaço de papel: A questão que minha mente formulou foi respondida pelo radiante céu do Brasil, em referência às medidas feitas por Morize durante o eclipse de Sobral.

Cerca de um mês depois, Einstein volta ao Brasil. A comitiva responsável de coordenar a programação da estada de Einstein na visita oficial ao Brasil, que duraria 8 dias, era composta por Getúlio das Neves, vice-presidente do Clube de Engenharia, H. Morize, Adolpho Murtinho, Alfredo Lisboa e Izidoro Kohn.

Para visitar o Brasil, Albert Einstein recebeu o convite oficial do diretor da Faculdade de Medicina, Aloysio de Castro. Pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, o convite partiu de Paulo de Frontin. Ambos foram representados pelo rabino Isaiah Raffalovich.

A preparação da vinda de Einstein ao Brasil foi discutida em sessão da Academia Brasileira de Ciências, como podemos comprovar pela ata do dia 29 de abril de 1925, quando o senhor Álvaro Alberto foi escolhido para fazer parte da comitiva que receberia Einstein: "...Informou também o Sr. Presidente sobre a próxima chegada de Albert Einstein, incumbindo o Sr. Álvaro Alberto de apresentar à Diretoria do Clube de Engenharia a adhesão da Academia às manifestações que aquela instituição fará ao grande sábio".

Albert Einstein chegou ao Brasil, no dia quatro de maio de 1925, um dia antes do esperado e ficou hospedado no Hotel Glória. Einstein, no dia cinco, descansou e teve compromissos não oficiais dentro da comunidade judaica. No dia seis, foi recebido pela manhã por Arthur Bernardes, Presidente da República do Brasil. À tarde, proferiu sua primeira conferência, no Clube de Engenharia, aberta por Getúlio das Neves, a qual podemos destacar que não foi de bom êxito. Primeiro, porque entre o público tinham poucos que compreendiam o tema, segundo, a acústica da sala não era boa, terceiro, teve o problema de superlotação na sala e quarto, os ruídos da rua. Mesmo com todos esses problemas, o público ouviu a defesa da teoria da relatividade.

Ao visitar a Academia Brasileira de Ciências, no dia sete de maio, Albert Einstein falou, para um público formado por acadêmicos, políticos, jornalistas e membros de várias instituições de ensino, sobre teoria quântica. Finalmente, dia oito de maio, Einstein relata sua teoria para um grupo seleto de cientistas na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Sua visita ao Brasil inclui: visita ao Instituto de Manguinhos, que tratava de doenças infecciosas tropicais; o

Observatório Nacional, onde encontrou os astrônomos que haviam estado em Sobral; Hospital dos Alienados, que tratava de doentes mentais; Pão de Açúcar; Corcovado e praias .

Assistiu a um filme sobre o trabalho do Marechal Rondon com os índios, o que o agradou ao ponto de escrever uma carta ao Comitê do Nobel indicando o nome do Marechal, quando já estava à bordo do navio Cap. Norte, deixando o Brasil.

Para dizer que a visita de Einstein teve algo que o Brasil lamentou, esse fato foi a ausência do maior divulgador de sua teoria no Brasil, Amoroso Costa, que, na ocasião, estava em Paris.

Ainda hoje, muitos debatem contra uma visão científica de aplicabilidade imediata, colocando em segundo plano uma ciência que vamos chamar de "pura", ou seja, com a aplicabilidade deixando de ser uma condição necessária e primordial no desenvolvimento da ciência. O embate entre as idéias de Morize e de seus contemporâneos permanece em nossos dias, e cada um pode escolher um lado para realizar a defesa de um ponto de vista particular. Porém, o que podemos concluir, neste breve estudo, é a íntima relação das idéias de Morize com a introdução da teoria da relatividade no Brasil.

Referências

1. Eneraldo Carneiro e Ildeu de Castro Moreira, *Supl. Ciência e Cultura,* 38,1986.

2. Videira, A.A.P. *Série Ciência e Memória,* 4, 1997.

3. Costa, M.A. *Introdução à teoria da relatividade.* Editora da UFRJ. Rio de Janeiro, 1995.

4. Silva, C. P. da. *Revista Uniandrade,* 3, 1, 2002.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 93-108 **ISSN 1809-4791**

Crônica do Potencial Vetor ($\vec{A}$) e do Potencial Quântico (V_{QB})

José Maria Filardo Bassalo[1], Paulo de Tarso Santos Alencar[1], Antônio Boulhosa Nassar[2] e Mauro Sérgio Dorsa Cattani[3]

Abstract

Vector Potential $\vec{A}$ and Bohm Quantum Potential V_{QB} Chronicle

In this paper, we present the conceptual historical development of the vector potential $\vec{A}$ and of the quantum potential, formulated, respectively, by Maxwell and Bohm. The vector potential $\vec{A}$, that was introduced as mathematical artifact, has shown its physical meaning through the *Aharonov-Bohm effect*. It did not happen yet with the quantum potential, which is intensively investigated in the last years.

Key-words: vector potencial, Bohm quantum potencial, Maxwell.

Introdução

Neste artigo, vamos apresentar o desenvolvimento histórico dos conceitos do *potencial vetor* $\vec{A}$ e do *potencial quântico* formulados, respectivamente, por Maxwell e Bohm. O *potencial vetor*, que foi introduzido simplesmente como um *artifício matemático*, já mostrou seu significado físico por intermédio do *efeito Aharonov-Bohm*. O *potencial quântico* ainda aguarda a sua vez e tem sido intensamente investigado nos últimos anos.

Potencial vetor

As primeiras idéias sobre o potencial vetor $\vec{A}$ foram apresentadas pelo físico alemão Franz Ernst Neumann (1798-1895), entre 1845 e 1847,[1,2] quando analisou o processo de *indução magnética*[3] em um circuito devido ao movimento relativo de magnetos ou circuitos próximos. Muito embora ele não haja definido o potencial vetor diretamente da expressão que calculou para representar a força entre dois circuitos (C, C'),[4] infere-se que, na linguagem atual, o potencial vetor de Neumann $\vec{A}_N$ é representado por:[5]

$$\vec{A}_N \quad \frac{l'}{c} \circ_{C'} \frac{\hat{n}'}{r} ds', \tag{2.1}$$

onde l' representa a corrente elétrica que circula em um circuito C', r indica a distância de um elemento de circuito ds' de C' a um elemento ds do circuito C, $\hat{n}'$ é o versor que indica o sentido

(1) Departamento de Física da UFPA,66075-900,Belém, Pará, Brasil
(2) The Harvard-Westlake School, Science Department CA 91604. University of California, Department of Sciences CA 90024
(3) Instituto de Física da USP, CP 66318, 05315-970, São Paulo, Brasil.

de circulação de *l'*, e c é a velocidade da luz no vácuo.

Independentemente de Neumann e quase ao mesmo tempo, o físico alemão Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) iniciou, em 1846, suas famosas publicações intituladas *Elektrodynamische Maasbestimmungen* ("Medidas Eletrodinâmicas"), concluídas em 1878, e compostas de sete longos trabalhos.[6] Na primeira dessas publicações, Weber formulou a sua famosa *lei da força* entre cargas elétricas em movimento, dada pela expressão:

$$F \quad \frac{e_1 e_2}{r_2} \; 1 \quad \frac{1}{c^2} \quad \frac{dr}{dt} \quad ^2 \quad \frac{2r}{c^2}\frac{d^2 r}{dt^2} \; , \qquad (2.2)$$

onde $\frac{dr}{dt}$, e $\frac{d^2 r}{dt^2}$ representam, respectivamente, a velocidade e a aceleração radiais relativas entre as cargas e_1 e e_2, e c é uma constante que expressa a relação entre as unidades eletrostática e eletrodinâmica da carga elétrica.[7] Nessa expressão, o termo dominante $\frac{e_1 e_2}{r_2}$ representa a *força de Coulomb*,[8] e os demais termos modificam essa força à medida que as cargas elétricas apresentam um movimento relativo.[9]

Desse modo, usando a expressão (2.2), Weber passou a estudar a força entre dois circuitos (*C, C'*). No entanto, ele adotou a hipótese de que a "corrente elétrica" (*l*) em um circuito era devido a igual número de cargas de mesmo sinal que se movem com a mesma velocidade, porém em sentidos contrários. Essa hipótese, contudo, divergia da hipótese em vigor, que considerava aquela corrente como devida ao fluxo de "dois fluidos elétricos".[10] Como Neumann, Weber também não definiu o potencial vetor diretamente. No entanto, da análise que fez, em 1848,[11] sobre dois circuitos sem movimento relativo, pode-se escrever que, na linguagem atual, o *potencial vetor de Weber* $\vec{A}_W$ é traduzido por:[5]

$$\vec{A}_W \quad \frac{l'}{c} \circ_{C'} \frac{\hat{r}\hat{r}.\hat{n}'}{r} ds', \qquad (2.3)$$

onde as letras indicadas têm o mesmo significado da expressão (2.1).

Conforme salientamos anteriormente, o potencial vetor $\vec{A}$ não foi explicitamente apresentado nem por Neumann, nem por Weber, e sim, somente pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), em 1857,[12] ao estudar a propagação de um distúrbio elétrico ao longo de um condutor perfeito. Desse modo, ele foi o primeiro a escrever explicitamente a expressão (2.3) em forma de componentes. Além do mais, ele também afirmou que as componente*s da densidade de corrente induzida* ($\vec{J}$) poderiam ser obtidas como a *condutividade* ( ) multiplicada pela soma negativa do gradiente do *potencial escalar elétrico* ( ) e a derivada temporal do potencial vetor. Na linguagem moderna, essa afirmação tem o seguinte aspecto:

$$\vec{J} \quad \vec{E} \quad (\qquad \frac{1}{c}\frac{\vec{A}}{\mathrm{t}}), \qquad (2.4)$$

expressão essa que traduz a famosa *lei de Ohm*.[13] Registre-se que Kirchhoff atribuiu o segundo termo da expressão (2.4) a Weber.[5]

Em seu trabalho, Kirchhoff generalizou a forma do potencial vetor que decorre do trabalho de Weber [vide expressão (2.3)], bem como encontrou uma relação entre os potenciais $\vec{A}$ e . Em linguagem atual, esses resultados obtidos por Kirchhoff têm os seguintes aspectos:[5]

$$\vec{A}_{W \; K} \quad \frac{1}{c} \; \frac{1}{v}\frac{\hat{r}\hat{r}}{r}.\vec{J}dV \; , \qquad .\vec{A}_{W \; K} \quad \frac{1}{c}\frac{}{t}, \qquad (2.5,2.6)$$

A idéia de potencial vetor voltou a ser objeto de estudo nas pesquisas realizadas pelo físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) sobre as "linhas de força de Faraday"[14] e os processos eletromagnéticos gerais. Desse modo, entre 1861 e 1862, Maxwell analisou a existência de tensões e vibrações no éter (meio que ocupa o espaço vazio entre os corpos do Universo), associadas àquelas "linhas de força" e relativas ao campo magnético. Ao estudar as leis da Dinâmica dessas tensões e vibrações, intuiu que: *A luz consiste nas ondulações transversais do mesmo meio ambiente que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos*.

Mais tarde, em 1865,[15] Maxwell publicou o resultado de suas pesquisas relacionadas com o caráter eletromagnético, da luz. Nessas pesquisas, demonstrou que um distúrbio eletromagnético, em um meio uniforme se propagava como se fosse uma onda caracterizada pela seguinte equação (na linguagem dos quatérnios hamiltonianos[16] e atualizada):

$$(4\ C \quad K\frac{d}{dt})(\frac{d\vec{A}_M}{dt} \qquad) \qquad {}^2\vec{A}_M \qquad J \quad 0, \tag{2.7}$$

onde é a *permeabilidade magnética*, K é a *capacidade indutiva específica*, C é a *condutividade específica*, é o *potencial elétrico*, e $J \quad \frac{dF}{dx} \quad \frac{dG}{dy} \quad \frac{dH}{dz}$, com F, G, H representando as componentes do *potencial vetor* $\vec{A}_M$, introduzido pelo próprio Maxwell, que, por sinal, denotava-o por A.[17]

Obtida essa equação, Maxwell demonstrou que quando o meio é não-condutor ($C=0$), a função J é no máximo uma função linear no tempo (t) podendo, também, ser constante ou nula. Desse modo, considerando que a função é independente de t, Maxwell chegou à celebre equação:

$${}^2\vec{A}_M \qquad K\frac{d^2\vec{A}_M}{dt^2} \quad 0, \tag{2.8}$$

Examinando essa equação, Maxwell percebeu que ela já havia sido observada pelo matemático francês Siméon Denis Poisson (1781-1840), em 1818, ao estudar o movimento dos sólidos elásticos incompressíveis, e, também, havia sido aplicada à Teoria da Difração pelo matemático e físico inglês Sir George Gabriel Stokes (1819-1903) em 1849. Desse modo, como a equação (2.8) correspondia a uma equação de ondas, portanto, $K \quad v^2$, onde v representava a velocidade de propagação dos distúrbios eletromagnéticos no meio não-condutor considerado. Em seguida, usando os valores de e K, que haviam sido determinados experimentalmente por Weber e pelo físico alemão Rudolph Hermann Arndt Kohlrausch (1809-1858), em 1857, Maxwell obteve o seguinte valor para aquela velocidade: v = 310.740*km/s*. Em vista desse resultado, considerando que a velocidade da luz no vácuo era da ordem de 298.360*km/s*, valor esse obtido pelo físico francês Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868), em 1850, Maxwell confirmou, por fim, a conjectura que havia feito em 1861-1862: A luz é uma onda eletromagnética.

Antes de continuarmos com o trabalho de Maxwell sobre os fenômenos eletromagnéticos-ópticos (principalmente com o conceito do potencial vetor, objeto principal deste artigo) que culminou com a publicação de seu célebre livro intitulado *A Treatise on Electricity and Magnetism*, em 1873,[17] vejamos a contribuição de outros cientistas sobre esse mesmo tema.

Em 1863,[18] o físico dinamarquês Ludwig Valentin Lorenz (1829-1891) desenvolveu a teoria matemática da luz usando os conhecimentos básicos de sua época, como a teoria ondulatória da luz formulada por Fresnel, sem,

contudo, considerar as propriedades bizarras do "éter luminífero", subjacente nessa teoria.[19] Depois de trabalhar mais alguns anos em sua teoria, Lorenz apresentou, em 1867,[20] a sua Teoria Eletromagnética da Luz, na qual generalizou os conceitos de potencial elétrico $(\vec{r},t)$ e potencial vetor $\vec{A}_L(\vec{r},t)$, apresentando-os na forma (em notação atual):

$$\begin{array}{ll} (\vec{r},t) & \dfrac{(\vec{r}',t \quad r/c)}{r}d^3\vec{r}', \\ \vec{A}_L(\vec{r},t) & \dfrac{1}{c}\dfrac{\vec{J}(\vec{r}',t \quad r/c)}{r}d^3\vec{r}' \end{array} \qquad (2.9,2.10)$$

Nesse artigo, depois de mostrar que todos os fatos conhecidos sobre eletricidade e magnetismo (nesse tempo todos quase-estáticos) são consistentes com os potenciais retardados definidos anteriormente, Lorenz passou a deduzir as equações dos campos respectivos (elétrico e magnético), mais tarde obtidas por Maxwell – as famo*sas equações de Maxwell* – que eram equivalentes às que havia obtido em 1863. Em seguida, ele discutiu a propagação da luz em metais, em dielétricos no espaço livre e na ausência de cargas livres no interior de condutores. Na dedução daquelas equações, Lorenz estabeleceu que os potenciais retardados são soluções de uma equação de onda e que devem satisfazer a seguinte condição (na notação atual):[21]

$$.\vec{A}_L \qquad \frac{1}{c}\frac{}{t}, \qquad (2.11)$$

expressão que também seria obtida pelo físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928; PNF, 1902), em seu trabalho sobre a teoria eletromagnética maxwelliana. Em vista disso, tal expressão passou a ser conhecida, erroneamente,[22] como o *"gauge" de Lorentz*.

A teoria eletromagnética também foi objeto de estudo por parte do fisiologista e físico alemão Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) em uma série de artigos escritos entre 1870 e 1874.[23] Nesses artigos, ele analisou os potenciais vetor de Neumann ($\vec{A}_N$) e de Weber ($\vec{A}_W$) e propôs a seguinte expressão generalizada (em notação atual):[5]

$$\begin{array}{ll} \vec{A}_H & \frac{1}{2}(1 \quad)\vec{A}_N \quad \frac{1}{2}(1 \quad)\vec{A}_W \\ \vec{A}_N & \dfrac{(1 \quad)}{2} \end{array} \qquad (2.12)$$

onde =1 dá o potencial de Neumann, = -1, o de Weber, e:

$$\frac{1}{c} \quad \hat{r}.\vec{J}(\vec{r}',t)d^3\vec{r}', \qquad (2.13)$$

Em seus trabalhos, Helmholtz demonstrou ainda que:

$$.\vec{A}_H \qquad \frac{}{c}\frac{}{t}, \qquad (2.14)$$

em que $(\vec{r},t)$ representa o potencial eletrostático instantâneo. A expressão (2.14) nos mostra que quando 1, obtém-se o mesmo resultado de Kirchhoff [vide expressão (2.6)] e, formalmente, o mesmo resultado de Lorenz [vide expressão (2.11)]. Contudo, enquanto Kirchhoff trata com potenciais quase-estáticos, Lorenz trabalha com potenciais retardados [vide expressões (2.9,2.10)].

Agora, voltemos a Maxwell. Em seu livro *A Treatise on Electricity and Magnetism*, de 1873,[17] no qual ele apresentou suas célebres equações, a segunda delas representa o fato experimental de que as linhas de força do vetor

indução magnética $\vec{B}$ são fechadas, isto é: $.\vec{B}$ 0 (na linguagem atual). Foi essa condição solenoidal que levou Maxwell a introduzir o potencial vetor A ($\vec{A}$, hoje). Vejamos como. Em 1871, ele havia demonstrado que a "convergência" (hoje, *divergência* - .) da "rotação" (hoje, *rotacional* -) de uma função vetorial ($\vec{F}$) era nula, ou seja: .($\vec{F}$) 0. Assim, aplicando esse resultado a sua segunda equação, concluiu que (ainda, em notação atual): $\vec{B}$ $\vec{A}$. Ainda em 1871, Maxwell demonstrou que a "rotação" do gradiente de uma função escalar ( ) era nula, ou seja: ( ) 0. Juntando os dois resultados, Maxwell apresentou em seu *Treatise* a atual transformação de "gauge":

$$\vec{A} \quad \vec{A}' \qquad , \tag{2.15}$$

com a seguinte observação:[5] "A quantidade desaparece quando se usa a equação [$\vec{B}$ $\vec{A}$] e ela não se relaciona com qualquer fenômeno físico".

Desse modo, Maxwell introduziu o potencial vetor apenas como um artifício matemático, sem apresentar uma expressão analítica para ele. Hoje, em qualquer livro texto que trata do assunto, mostra-se como se encontra essa expressão analítica a partir da definição de $\vec{B}$. Com efeito:[24,25]

$$\vec{B}(\vec{r}) \quad \frac{1}{c} \quad \vec{J}(\vec{r}) \quad \frac{(\vec{r} \quad \vec{r}')}{\left|\vec{r} \quad \vec{r}'\right|^3} d^3\vec{r}' \qquad \frac{1}{c} \quad \frac{\vec{J}(\vec{r}')}{\left|\vec{r} \quad \vec{r}'\right|^3} \quad d^3\vec{r}' \qquad \vec{A} \tag{2.16}$$

Conforme vimos, Lorentz também trabalhou com a teoria eletromagnética. Com efeito, em 1875, ele defendeu sua tese de doutoramento na Universidade de Leiden, obtendo o grau *summa cum laude*, tendo como tema central a óptica eletromagnética (título da tese: "Sobre a teoria da reflexão e da refração da luz").[26] A partir de 1892,[27] Lorentz começou a desenvolver a sua famosa *teoria dos elétrons* no trabalho intitulado *La théorie eletromagnétique de Maxwell et son apllication aux corps mouvants*.[28] Nesse trabalho, Lorentz mostrou que a solução da equação de onda não- homogênea (em notação atual):

$$\frac{1}{c^2}\frac{^2F}{t^2} \qquad ^2F \quad s(\vec{r},t) \tag{2.17}$$

depende da posição da fonte $s(\vec{r},t)$em um instante anterior $t' = t - r/c$, ou seja:

$$F(\vec{r},t) \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{r} s(\vec{r}',t' \quad t \quad r/c)d^3\vec{r}' \tag{2.18}$$

Em 1895,[29] Lorentz usa esse resultado[30] para encontrar as soluções retardadas dos potenciais escalar $(\vec{r},t)$ e vetor $\vec{A}(\vec{r},t)$, do tipo das expressões (2.9,2.10), e tomando como a fonte $s(\vec{r},t)$, respectivamente, $(\vec{r},t)$ e $\vec{J}(\vec{r},t)$. Contudo, somente em 1904[31], é que Lorentz demonstrou a expressão (11). Ainda nesse trabalho, ele discute a arbitrariedade desses potenciais, afirmando que os potenciais $_0$ e $\vec{A}_0$ podem corresponder aos mesmos campos $\vec{E}$ e $\vec{B}$, desde que satisfaçam as relações:[5]

$$\vec{A} \quad \vec{A}_0 \qquad , \qquad _0 \quad \frac{1}{c} \tag{2.19,2.20}$$

e satisfaça a equação de onda não-homogênea,

$$^2 \quad \frac{1}{c^2}.. \qquad .\vec{A} \quad \frac{1}{c} \quad _0 \tag{2.21}$$

expressão essa que decorre do hoje *"gauge" de Lorenz-Lorentz*, dada pela expressão (2.11).

Apesar de todo o uso formal do potencial vetor $\vec{A}$, conforme visto acima, não existia uma interpretação física para ele. Foi o físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984; PNF, 1933), em 1931,[32] o primeiro a vislumbrar a importância física de $\vec{A}$ fazendo previsões sobre *monopólos magnéticos*, usando a Mecânica Quântica. Somente em 1959,[33] os físicos, o israelense Yaki Aharonov e o norte-americano David Joseph Bohm (1917-1992), mostraram claramente a importância física de $\vec{A}$ por intermédio de um fenômeno quântico de interferência que foi denominado de *efeito Aharonov-Bohm.* Nesse artigo, eles mostram que a figura de interferência decorrente da difração de um feixe de elétrons que atravessa um anteparo com duas fendas (experiência "tipo Young") pode ser deslocada desde que, entre as fendas e por trás delas, se possa concentrar um campo magnético, de tal modo que este seja nulo na região da "trajetória" do feixe de elétrons depois de difratado pelas duas fendas. Isto pode ser conseguido, segundo esses físicos, com um solenóide longo de dimensões transversais microscópicas. Assim, uma corrente estacionária no solenóide gera um fluxo dado por:[33-36]

$$\vec{B}.d\vec{S} \quad \circ_{c}\vec{A}.\vec{d}\ell, \tag{2.22}$$

onde C é qualquer circuito envolvendo o solenóide. Embora o campo de indução magnética $\vec{B}$ seja nulo fora do solenóide, o potencial vetor $\vec{A}$, que satisfaz a expressão (2.16), deve permanecer finito em algum lugar ao longo do circuito C, de modo que a expressão (2.22) possa ser satisfeita, seja qual for o "gauge" [vide expressão (2.15)] escolhido. O solenóide é envolvido por uma barreira de modo que não há interferência ("overlap") entre ele e as "ondas" eletrônicas. Desse modo, inserindo-se uma escolha específica do potencial vetor na *equação de Schrödinger* (ver adiante essa equação) correspondente, por exemplo,[35]

$$\vec{A} \quad \frac{}{2\ r}\ \hat{} \tag{2.23}$$

em coordenadas cilíndricas, uma solução rigorosa daquela equação nos mostra que as franjas formadas em um anteparo colocado atrás do solenóide são deslocadas dependendo do fluxo .

Esse experimento proposto por Aharonov e Bohm mostra que, embora o campo $\vec{B}$ seja nulo (e, portanto, também será nula a parte magnética da *força de Lorentz* $\vec{F}_L$ correspondente, pois: $\vec{F}_L \quad \frac{q}{c}\vec{v} \quad \vec{B}$ [24]) ao longo da trajetória do feixe de elétrons (de carga q e velocidade $\vec{v}$), ele implica um significado quântico especial para o potencial $\vec{A}$ que transcende seu "papel clássico" como mero artifício matemático para o cálculo desse potencial, bem como o do potencial elétrico [vide expressão (2.4)].[37] Mais adiante, mostraremos que a conexão entre os potenciais eletromagnéticos clássicos (,$\vec{A}$) com os efeitos não-clássicos decorrentes desse experimento proposto é feita por intermédio do *potencial quântico* proposto por Bohm, em 1952, do qual trataremos a seguir.

Potencial quântico

A Mecânica Quântica não-Relativista (MQNR) foi desenvolvida[38], entre 1925 e 1926, nos trabalhos dos físicos, os alemães Max Born (1882-1970; PNF, 1954), Ernst Pascual Jordan (1902-1980) e Werner Karl Heisenberg (1901-1976; PNF, 1932), o austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961; PNF, 1933), e o inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984;

PNF, 1933). Essa Mecânica é traduzida pela célebre *equação de Schrödinger*:[39]

$$\frac{\hbar^2}{2m} \qquad V \qquad i\hbar \frac{}{t},$$

(3.1)

onde $(\vec{r},t)$ é a função de onda, é o operador laplaciano e $V(\vec{r},t)$ é um dado potencial.

Depois da proposta dessa equação, surgiu uma questão intrigante, qual seja, a de saber o significado de , conhecida como *função de onda de Schrödinger*. Apesar de o próprio Schrödinger apresentar uma interpretação para ela,[40] a que hoje tem maior número de adeptos é a formulada por Born, em 1926,[41] que a considerou como uma *amplitude de probabilidade.*

A essa interpretação de Born sobrepôs-se uma outra relevante questão: será sempre possível observar uma grandeza física? A resposta a essa pergunta foi dada por Heisenberg, ao apresentar, em 1927,[42] o seu famoso *Princípio da Incerteza:*

> É impossível obter exatamente os valores simultâneos de duas variáveis, a não ser dentro de um limite mínimo de exatidão.

A essas propostas de Born e de Heisenberg seguiu-se um formalismo matemático, a conhecida *Mecânica Quântica Ondulatória de Schrödinger (MQOS)*,[43] segundo a qual os valores médios de uma determinada grandeza física são calculados por intermédio de . Em vista disso, a questão central dessa Mecânica seria relacionar essa função de onda com a medida do observável desejado. Assim, desenvolveu-se a famosa *teoria do colapso da função de onda.* [44]

As aplicações da relação de incerteza Heisenbergiana e da teoria do colapso da função de onda discutidas anteriormente foram (e ainda são!) motivo de muita discussão entre os físicos, principalmente pelos paradoxos que delas decorrem. Com efeito, a relação de incerteza Heisenbergiana foi objeto de uma grande discussão entre os físicos, o germano-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) e o dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922), nos Quinto e *Sexto Congressos de Solvay*, de 1927 e 1930, respectivamente.[45] Essa discussão decorreu, basicamente, do fato de que Bohr aceitava a interpretação Borniana da MQOS, conhecida como a famosa *interpretação de Copenhague,* e Einstein não a aceitava. Ou, em outras palavras: Bohr acreditava que descrevia completamente a realidade física, enquanto Einstein não acreditava.

Essa discussão entre Bohr e Einstein foi retomada quando Einstein e os físicos, o russo Boris Podolsky (1896-1966) e o norte-americano Nathan Rosen (1909-1955) afirmaram, em 1935,[46] o hoje famoso *paradoxo de Einstein-Podolsky-Rosen* ou *paradoxo EPR*:

> Se, sem perturbar um sistema físico, for possível predizer com certeza (isto é, com a probabilidade igual a um) o valor de uma quantidade física, então existe um elemento da realidade física correspondente a essa quantidade física.

Esse paradoxo pode ser assim interpretado. Sejam dois elétrons (indistinguíveis) que interagem entre si durante algum tempo, e, em seguida, deixam de fazê-lo. Sejam, respectivamente, x_1 e x_2 suas posições (medidos a partir de uma determinada origem), enquanto interagem. Sejam, também, p_1 e p_2 seus momentos lineares. O Princípio da Incerteza não permite que (x_1,p_1) ou (x_2,p_2) sejam medidos simultaneamente, mas permite que sejam medidos, simultaneamente, a distância $X\ (X=x_2-x_1)$ e o momento total $P\ (p_1+p_2)$ entre eles. Contudo, segundo o paradoxo referido, a interação entre eles produz uma correlação.

Assim, conhecidos X ou P, medindo-se x_1 ou p_1, poderemos determinar x_2 ou p_2. Desse modo, medindo-se primeiro x_1 e depois p_1, teremos os valores de x_2 e p_2 do segundo elétron sem perturbá-lo. Portanto, a medição da posição (ou momento linear) de um elétron poderia ser feita *sem perturbar* o outro, porque eles estavam *separados* no espaço e não interagindo por intermédio de sinais locais no momento das medições. Desse modo, Einstein-Poldosky-Rosen concluíram que a MQOS é incompleta.

Esse paradoxo recebeu a imediata contestação de Bohr, primeiro por intermédio de uma carta que escreveu à Revista *Nature* dois meses depois da publicação do artigo dos três físicos, na qual dizia que não concordava com as conclusões desse artigo, prometendo escrever um outro mais detalhado, o que realmente ocorreu, ainda em 1935.[47] Com efeito, Bohr usou MQOS e deu uma explicação para esse paradoxo dizendo que a medição de um de dois objetos quânticos (p.e., elétrons) correlacionados afeta o parceiro correlacionado. Assim, quando um objeto de um par correlacionado sofre colapso em um estado de momento linear (p.e., p_1), a função de onda do outro também entra em colapso (no estado de momento linear P-p_1), e nada se pode dizer sobre a posição do outro objeto correlacionado. O mesmo ocorre se for medida a posição. Portanto, segundo Bohr, o colapso da função de onda é *não-local*, do mesmo modo que a correlação. Desse modo, segundo a MQO, dois objetos quânticos são *inseparáveis*.

Um outro aspecto desse paradoxo EPR foi apresentado, também em 1935,[48] por Schrödinger, assim enunciado:

> Seja uma caixa contendo uma substância radioativa, um detector de radiação (um *contador Geiger*, por exemplo), uma ampola de gás venenoso (gás cianídrico, por exemplo) e ainda um gato vivo. As coisas são dispostas de modo que haja cinqüenta por cento de probabilidade de o detector registrar uma desintegração (se fixa uma duração para o ensaio). Se isso acontecer, a ampola quebra-se e o gato morre. Senão, continua vivo.

Os paradoxos que acabamos de registrar questionam o conceito físico básico da interpretação indeterminista de Copenhague da MQOS, qual seja, o conceito da *inseparabilidade quântica* ou da *não-localidade*,[49] proposto por Bohr, em 1935, conforme vimos antes. Aliás, essa interpretação já havia sido questionada pelo físico francês Príncipe Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987; PNF, 1929), em 1926-1927,[50] ao aventar a hipótese da existência de "variáveis ocultas" necessárias para evitar o indeterminismo da MQOS. A existência dessas "variáveis" proporcionaria uma relação entre as grandezas físicas calculadas por essa Mecânica e possíveis movimentos mais internos dos sistemas quânticos, de tal modo que as médias das quantidades físicas decorrentes desses movimentos e calculadas por intermédio daquelas "variáveis" reproduziriam os valores calculados quanticamente. Desse modo, tais "variáveis" reporiam o *determinismo* na Física.

questão do determinismo em Física, iniciada por de Broglie, conforme vimos, foi retomada por Bohm, em dois trabalhos publicados em 1952.[51] Nesses trabalhos, Bohm apresenta uma nova interpretação para a *equação de Schrödinger* para uma partícula sob a ação de um potencial $V(\vec{r})$. Vejamos de que maneira. Partindo da expressão (3.1) e ao aplicar-lhe a seguinte transformação (em notação atual):[52]

$$(\vec{r},t) \quad (\vec{r},t)\exp[iS(\vec{r},t)] \tag{3.2}$$

onde e S são reais, Bohm obteve os seguintes resultados:

$$\frac{}{t} \quad \frac{1}{2m}[\quad ^2 S \quad 2 \quad . \quad S], \tag{3.3}$$

$$\frac{\hbar}{m}\frac{S}{t} \quad \frac{\hbar^2}{2m}\frac{1}{}[\quad ^2 \quad (\quad S)^2] \quad \frac{V}{m}, \tag{3.4}$$

Em continuação, Bohm considerou que (ainda na linguagem atual):

$$^2 \quad ,\vec{v}_{QB} \quad \frac{\hbar}{m} \quad S, V_{QB} \quad \frac{\hbar^2}{2m}\frac{^2}{}, \tag{3.5-7}$$

onde $,\vec{v}_{QB}, V_{QB}$ e S representam, respectivamente, a *densidade de probabilidade*, a *velocidade quântica, o potencial quântico* e a *ação clássica*. Desse modo, substituindo-se as expressões (3.5-7) nas expressões (3.3-4), obteve:

$$\frac{}{t} \quad .(\quad \vec{v}_{QB}) \quad 0, \tag{3.8}$$

$$\hbar\frac{S}{t} \quad \frac{1}{2} m\vec{v}_{QB}^2 \quad V \quad V_{QB} \quad 0, \tag{3.9}$$

expressões essas que apresentam a mesma estrutura das equações básicas da Dinâmica dos Fluidos,[53] respectivamente: *equação da continuidade e equação de Euler*.[54]

Além do mais, ao aplicar o operador à expressão (3.4), seguido de uma manipulação algébrica, Bohm demonstrou que:

$$\frac{d}{dt}(m\vec{v}_{QB}) \quad (V \quad V_{QB}) . \quad (\frac{d}{dt} \quad \frac{}{t} \quad \vec{v}_{QB} . \quad) \tag{3.10-11}$$

Assim, segundo Bohm, essa nova interpretação da *equação de Schrödinger* para uma partícula sob a ação de um potencial $V(\vec{r})$, traduzida pela expressão (3.10), indicava que, além desse potencial, a partícula estaria também sob a ação de um *potencial quântico* V_{QB}, responsável por "possíveis movimentos mais internos dos sistemas quânticos".[55] Essa idéia de um *novo potencial físico*, que aproximaria a MQNR da Física Clássica, foi desenvolvida por Bohm e colaboradores,[56] assim como por outros físicos, e se constitui no que hoje se denomina *Interpretação Causal da Mecânica Quântica* ou *Mecânica Quântica de de Broglie-Bohm (MQBB)*.[57] É oportuno destacar que, nos trabalhos de 1952, Bohm conseguiu explicar o *paradoxo EPR* usando a idéia desse novo potencial. Em vista disso, um grande desafio que se apresentou (e ainda se apresenta) para os partidários da MQBB é o de encontrar uma interpretação física para o potencial quântico de Bohm V_{QB}.

Uma provável interpretação física de V_{QB} seria a de que é este potencial que confere as propriedades quânticas ao movimento de uma partícula,[58] conforme ficou evidenciado em diversos trabalhos, nos quais foram reproduzidas "trajetórias quânticas"[59] de partículas. Por exemplo, C. Philippidis, C. Dewdney e Basil J. Hiley, em 1979,[60] reproduziram, numericamente, os experimentos de interferência de elétrons, realizados por C. Jönsson, em 1961.[61] Mais tarde, em 1982,[62] Dewdney e Hiley também reproduziram, numericamente, as trajetórias seguidas pelos elétrons nos processos de tunelamento. Ainda em 1982,[63] Philippidis, Bohm e R. D. Kaye explicaram o *efeito Aharonov-Bohm* usando essa mesma interpretação e equações um pouco diferente das (3.8) – (3.11), onde $\vec{A}$ é levado em conta. [Observe que a expressão (3.10) nos mostra que, mesmo quando V=0, existe uma força resultante dependente de V_{QB}]. Essa interpretação também seria considerada por Dewdney, Peter R. Holland e

A. Kyprianidis, em 1987,[64] para explicar correlações não-locais em experimentos do tipo *Stern-Gerlach*.[65] Para maiores detalhes sobre essa e outras possíveis interpretações de V_{QB}, ver os textos indicados na Nota 57.

Na conclusão deste artigo, os autores registram que uma série de resultados teóricos obtidos com a MQBB[66] confirmam a interpretação física de V_{QB} referida acima. Para a obtenção desses resultados, foram estudados sistemas físicos, *conservativos* ou *não-conservativos* (sendo estes *dissipativos* ou *não-dissipativos*) representados pela *equação de Schrödinger*, em seus dois aspectos, *linear* [expressão (3.1.)] e *não-linear*.[67]

Dentre aqueles resultados, destacam-se:

1. os *invariantes de Ermakov-Lewis*;
2. a evolução do pacote de ondas associado à partícula livre (PL) e ao oscilador harmônico dependente do tempo (OHDT) e
3. o espalhamento de uma partícula livre por uma barreira (poço) de potencial.

Em 1967,[68] H. R. Lewis demonstrou que uma quantidade conservada para o OHDT, caracterizado pela freqüência (t), é dada pela expressão:

$$l \quad \frac{1}{2}[(\dot{q} \quad \dot{q})^2 \quad (\frac{q}{})^2], \qquad (3.12)$$

onde q e satisfazem, respectivamente, as equações:

$$\ddot{q} \quad {}^2(t)q \quad 0, \quad \ddot{} \quad {}^2(t) \quad \frac{1}{3} \qquad (3.13\text{-}14)$$

Por outro lado, como as expressões (3.12-14) também já haviam sido obtidas por V. P. Ermakov, em 1880,[69] o problema de determinar os invariantes de sistemas físicos dependentes do tempo passou então a ser conhecido como o problema do *invariante de Ermakov-Lewis (IE-L)*. Assim, se para um determinado sistema físico, encontrarmos que:

$$\frac{dl}{dt} \quad 0, \qquad \frac{dl}{dt} \quad 0, \qquad (3.15\text{-}16)$$

afirmamos, respectivamente, que ele possui ou não um IE-L.

Usando-se a MQBB[66] para os diversos sistemas físicos representados por *equações de Schrödinger*, *linear* e *não-linear*,[67] o cálculo de I, usando-se as expressões (3.12-14), é realizado considerando-se os conceitos de *velocidade quântica* e de *potencial quântico* [vide expressões (3.6-7)]. Desse modo, demonstra-se que alguns daqueles sistemas apresentam IE-L, e outros não.[70]

A técnica que utilizamos para resolver o problema do IE-L referido é ainda considerada para estudar a evolução do pacote de onda associado a um sistema físico. Assim, para o caso da *partícula livre (PL)*, essa técnica permite demonstrar que:

$$a^2(t) \quad a_0^2 \quad 1 \quad \frac{2}{} t \quad \frac{(1 \quad {}^2)}{{}^2} t^2 \quad , \qquad (3.17)$$

com:

$$\frac{2ma_0^2}{\hbar}, \frac{b_0}{a_0} \quad -, a(0) \quad a_0, \dot{a}(0) \quad b_0, \qquad (3.18\text{-}21)$$

onde *a(t)* representa a evolução temporal do *pacote de onda debroglieano* associado à PL e de largura inicial a_0. É oportuno registrar que a

evolução temporal do *pacote de onda schrödingeriano* é dada pela expressão:[71]

$$a^2(t) \quad a_0^2 \; 1 \quad \frac{t^2}{\quad^2} \; ,$$

(3.22)

que nada mais é do que um caso particular da expressão (3.17) quando se faz $0 \quad b_0 \quad 0$. Comparando-se as expressões (3.17,22), observa-se que o pacote de onda da PL, calculado pela MQOS, espraia mais lentamente do que quando calculado pela MQBB.[72]

Para o caso do OHDT, a evolução temporal de *a(t)*, calculada pela MQBB, é dada por:[66]

$$a^2(t) \quad a_0^2 \quad ^2(t) \quad 1 \quad \frac{2}{\quad} \quad \frac{dt'}{\quad^2(t')} \quad \frac{1}{\quad^2} \quad \frac{\quad^2}{\quad} \quad \frac{dt'}{\quad^2(t')} \quad ^2$$

(3.23)

onde (t) satisfaz a expressão:

$$\ddot{}(t) \quad ^2(t) \quad t \qquad (3.24)$$

Ao aplicarmos a expressão (3.23) para um caso particular de (t), considerado por A. Mostafazadeh,[73] J. Y. Ji, J. K. Kim, S. P. Kim,[74] C. F. Lo,[75] e G. S. Agarwal e S. A. Kumar, [76] verificamos que novos estados espremidos (*squeezed*)[77] generalizados podem ser encontrados. Também observamos que a MQBB descreve melhor a situação física considerada do que a MQOS, uma vez que com MQBB podemos estabelecer uma conexão direta entre as soluções clássica e quântica.

Por fim, vejamos o caso do espalhamento de uma partícula por uma barreira (poço) de potencial. No caso do tunelamento através de uma barreira numa região não-dissipativa $[V(x,t) \quad V,(0 \quad x \quad L),V(x,t) \quad 0(x \quad 0,L)]$, verificamos que os tratamentos via MQOS e MQBB dão os mesmos resultados. Contudo, enquanto a MQOS considera a continuidade da função de onda (x,t) e de sua derivada espacial $(\frac{\quad}{x})$ nos limites da barreira, a MQBB considera condições de contorno gerais envolvendo a continuidade da massa, do momento linear e da energia. Essas grandezas físicas são escritas em termos das expressões (3.6-7).

Por outro lado, estudando o mesmo tunelamento através de uma barreira com borda aguçada ("sharp-edged") numa região dissipativa, representada pela *equação de Kostin*, a MQBB nos mostra que o coeficiente de transmissão diminui.

Registre-se que o estudo do tunelamento por intermédio da MQBB apresenta uma grande vantagem, pois é possível deduzir expressões gerais para a probabilidade de transmissão e compará-las com os resultados conhecidos da MQOS.[78]

No caso do espalhamento de uma partícula por um poço de potencial $[V(x,t) \quad V,(0 \quad x \quad L),V(x,t) \quad 0(x \quad 0,L)]$, a MQBB reproduz os mesmos resultados da MQOS e, mais ainda, permite estudar o *efeito Ramsauer-Townsend*[79] em regiões dissipativas kostiananas.[66]

Do que vimos neste artigo, podemos concluir que existe bastante evidência teórica que leva a uma provável interpretação física dos potenciais maxwelliano (*vetor*: $\vec{A}$) e bohmiano (*quântico*: V_{QB}).

Notas e referências

1. Neumann, F. E. 1847. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, aus dem Jahre 1845, p. 1.

2. Neumann, F. E. 1849. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, aus dem Jahre 1847, p. 1.

3. A *indução eletromagnética* foi descoberta, em trabalhos independentes, pelo físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867), em 1831, e pelo físico norte-americano Joseph Henry (1797-1878), em 1832.

4. Os primeiros estudos sobre a *força entre circuitos elétricos* foram realizados pelos físicos franceses Jean Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841), em 1820, e André Marie Ampère (1775-1836), em 1826. Essa força, contudo, era considerada na direção da reta que une os elementos lineares considerados nos circuitos. Foi somente em 1845 que o matemático alemão Hermann Günter Grassmann (1809-1877) demonstrou que essa força era sempre perpendicular à direção da corrente no elemento que sofre a força.

5. Jackson, J. D. and Okun, L. B. 2000. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. LBNL – 47066. (Agradeço ao físico Luís Carlos Bassalo Crispino por chamar a minha atenção para esse artigo.)

6. Woodruff, A. E. *In*: Gillispie, C. C. (Editor) 1981. *Dictionary of Scientific Biography*. Charles Scribner's Sons.

7. Mais tarde, o físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) mostraria que essa constante c representaria $\sqrt{2}$ vezes a velocidade da luz no vácuo.

8. Em 1785, o físico francês Charles Augustin Coulomb (1736-1806) demonstrou que:
A força de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto de suas quantidades de cargas elétricas, inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros, e se situa na mesma direção da reta que une seus centros.

9. Para um estudo moderno sobre a *Eletrodinâmica de Weber*, ver: ASSIS, A. K. T. 1994. *Weber's Electrodynamics*, Kluwer, Holanda (Traduzido pela UNICAMP, em 1995).

10. O conceito de "fluido elétrico" foi apresentado pelo eletricista inglês Stephen Gray (1696-1736), decorrente de experiências realizadas entre 1727 e 1729 sobre a "virtude elétrica" dos corpos. Por sua vez, o físico francês Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739) mostrou, em conseqüência de experiências realizadas entre 1733 e 1734, que esses "fluidos" eram de dois tipos: *vítreo* e *resinoso*. O primeiro deles ocorre, por exemplo, quando o vidro é atritado com um pedaço de seda, e o segundo, quando a resina friccionada com pele de gato. Por fim, o cientista e estadista norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790), devido a experiências realizadas entre 1747 e 1749, denominou esses dois "fluidos" simplesmente de positivo (+) e negativo (-).

11. Weber, W. 1848. *Annalen der Physik und Chemie* 73, p. 193.

12. Kirchhoff, G. R. 1857. *Annalen der Physik und Chemie* 102, p. 529.

13. De janeiro a dezembro de 1825, o físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) realizou uma série de experiências com circuitos "galvânicos" cuja fonte era uma bateria de "pilhas voltaicas", os resultados foram apresentados no livro intitulado *Die Galvanische Kette Mathematisch Bearbeitet (O Circuito Galvânico Matematicamente Analisado)*, publicado em 1827.

14. Em 1838, o físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867) observou a figura formada por limalhas de ferro numa folha de papel ou lâmina de vidro, sob a qual colocava um ímã [figura que havia sido observada pelo erudito francês Petrus Peregrinus de Maricourt (c.1240- ?) em 1269]. Para explicar essa figura, Faraday passou a visualizar as forças magnéticas e elétricas como uma espécie de "tubos de borracha" que se estendiam a partir dos fios condutores, ou de ímãs, ou de corpos eletrizados, tubos esses que receberam dele, em 1845, a denominação de *linhas de força*, sobre as quais ele tivera as primeiras idéias em 1821.

15. Maxwell, J. C. 1865. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 155, p. 459; *Philosophical Magazine* 29, p. 152.

16. Em 1853, o matemático e físico irlandês William Rowan Hamilton (1805-1865) publicou seu famoso livro intitulado *Lectures on Quaternions*, no qual desenvolveu a teoria dos *quatérnios*, um ente matemático composto de quatro componentes, definido como a aplicação do operador diferencial

nabla ($\hat{l}\frac{d}{dx}$ $\hat{J}\frac{d}{dy}$ $\hat{K}\frac{d}{dz}$) a uma função de ponto vetorial $\vec{V}$, ou seja: $\vec{V}$ S $\vec{V}$ V $\vec{V}$, onde o primeiro termo é a parte escalar e o segundo, a parte vetorial. Observe-se que, na linguagem moderna, a parte escalar representa a divergência de $\vec{V}$com o sinal trocado S $\vec{V}$ $.\vec{V}$ e a parte vetorial representa o rotacional de $\vec{V}$(V $\vec{V}$ $\vec{V}$).

17. Maxwell, J. C. 1873. *A Treatise on Electricity and Magnetism.* (Em 1954, a *Dover Publications, Inc.* New York, republicou a terceira edição desse livro a partir da edição preparada pela *Clarendon Press* em 1891.)

18. Lorenz, L. V. 1863. *Annalen der Physik und Chemie* 18, p. 111; *Philosophical Magazine* 26 (4), p. 81; 205.

19. Em 1816, o físico francês Augustin Jean Fresnel (1788-1827) apresentou à Academia Francesa de Ciências os seus primeiros trabalhos sobre os fenômenos ondulatórios. Nos anos subseqüentes, ele continuou a trabalhar nesse tema e, em 1821, apresentou a essa mesma Academia sua famosa teoria ondulatória da luz, cuja característica principal era o caráter *transversal* da onda luminosa. Além do mais, formulou a idéia de que o *éter luminífero cartesiano* como meio transmissor da luz deveria ser sólido para poder explicar as vibrações transversais luminosas através dele, e que, também, era parcialmente arrastado pela matéria. Destaque-se que, para contornar o problema de que a rigidez desse éter dificultaria o movimento dos planetas, o físico e matemático inglês Sir George Gabriel Stokes (1819-1903) propôs, em 1845, que esse éter seria do tipo piche ou cera de sapateiro, que é resistente a uma força súbita, porém cede a forças lentas e persistentes, como ocorre com o movimento planetário.

20. Lorenz, L. V. 1867. *Annalen der Physik und Chemie* 131, p. 243; *Philosophical Magazine* 34 (4), p. 287.

21. Lorenz escreveu a seguinte expressão: $\frac{d}{dt}$ $2(\frac{d}{dx}$ $\frac{d}{dy}$ $\frac{d}{dz})$, onde $-$ representa o potencial escalar elétrico e , , são os componentes do potencial vetor. [Vide Referência (5).]

22. Quem primeiro apontou para esse erro foi A. O'rahilly no livro *Electromagnetics* (Longmans, Green and Cork University Press), editado em 1938. [Vide Referência (5).]

23. Helmholtz, H. L. F. von 1870, 1873, 1874. *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 72, 75, 78, p. 57; 35; 273.

24. Jackson, J. D. 1998. *Classical Electrodynamics*, 3rd ed., John Wiley, New York.

25. É oportuno esclarecer que, diferentemente do potencial vetor, o potencial elétrico apresenta uma interpretação física, pois:

$$\vec{E} \quad \frac{1}{4 \quad _0} \quad (\vec{r}\,')\frac{(\vec{r} \quad \vec{r}\,')}{\vec{r}\,'^3}d^3\vec{r}\,'$$

$$\frac{1}{4 \quad _0} \quad \frac{(\vec{r}\,')}{|\vec{r} \quad \vec{r}\,'|}d^3\vec{r}\,' \qquad (\vec{r}),$$

$$(\vec{r}) \qquad {}^{B}_{A}\vec{E}(\vec{r}\,').d\vec{\ell}\,'$$

26. Na continuação de seu trabalho com a eletrodinâmica maxwelliana, Lorentz demonstrou, em 1880, a relação entre a polarizabilidade elétrica e a *capacidade indutiva específica k* dos dielétricos. Como, ainda em 1880, Lorenz fez a mesma dedução, essa relação ficou conhecida como *equação de Lorentz-Lorenz*. Até a descoberta histórica dos trabalhos de Lorenz sobre aquela eletrodinâmica e referida acima, essa era a única relação entre esses dois físicos citada na maioria dos livros textos.

27. Muito embora Lorentz tenha estudado os trabalhos de Maxwell, seu ponto de partida para desenvolver essa tese foi a eletrodinâmica de Helmholtz. [McCormmach, R. 1981. *Gillispie's Dictionary of Scientific Biography*. Charles Scribner's Sons.]

28. Lorentz, H. A. 1892. *Arch. Néerl. Scs.* 25, p. 363.

29. Lorentz, H. A. 1895. *Versuch einer Theorie der Electrischen und Optischen Erscheinungen in begwegten Körpen* (E. J. Brill, Leiden).

30. Esse teorema já havia sido demonstrado pelo matemático alemão Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866), em 1858, e por Lorenz, em 1861.

31. Lorentz, H. A. 1904. *Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften* V14, p. 145.

32. Dirac, P. A. M. 1931. *Proceedings of the Royal Society of London* A133, p. 60.

33. Aharonov, Y. and Bohm, D. 1959. *Physical Review* 115, p. 485. É oportuno registrar que, em 1949 (*Proceedings of the Physical Society of London* 62, p. 8), W. Eherenberg e R. S. Siday já haviam discutido os efeitos dos potenciais eletromagnéticos na Mecânica Quântica.

34. Sakurai, J. J. 1967. *Advanced Quantum Mechanics*. Addison-Wesley Publishing Company.

35. Holland, P. R. 1993. *The Quantum Theory of Motion.* Cambridge University Press.

36. Feynman, R. P., Leighton, R. B. and Sands, M. 1965. *The Feynman: Lectures on Physics*, Volume II. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

37. Em 1960, R. G. Chambers realizou uma experiência e observou a existência do fenômeno de interferência indicado por Aharonov-Bohm. Esse resultado foi publicado na *Physical Review Letters* 5, p. 3 (1960).

38. Para detalhes desse desenvolvimento, veja-se: Mehra, J. and Rechenberg, H. 1982. *The Historical Development of Quantum Theory*, Volumes 1 e 2. Springer-Verlag.

39. Schrödinger, E. 1926. *Annales de Physique Leipzig* 79, p. 361, 489, 734, 747; 80, p. 437.

40. Schrödinger, E. 1926. *Annales de Physique Leipzig* 81, p. 136.

41. Born, M. 1926. *Zeitschrift für Physik* 37; 38, p. 863; 803.

42. Heisenberg, W. 1927. *Zeitschrift für Physik* 43, p. 172.

43. Para estudar essa Mecânica, existe uma série de textos. Por exemplo: Shiff, L. I. 1955. *Quantum Mechanics*. McGraw-Hill Book Company; Davydov, A. S. 1968. *Quantum Mechanics*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.; Shankar, R. 1994. *Principles of Quantum Mechanics.* Plenum Press.

44. Segundo o formalismo da Mecânica Quântica Ondulatória de Schrödinger, o resultado da medida de um dado observável, representado por um operador hermitiano $\hat{A}$, é um de seus autovalores a, correspondente ao auto-estado $|a\rangle$,ou seja: $\hat{A}|a\rangle \quad a|a\rangle$. No entanto, nem sempre o estado $|\ \ \rangle$ de um sistema físico é um auto-estado $|a\rangle$. Assim, surge a seguinte questão: como encontrar a medida do observável a correspondente àquele estado? Nesse caso, o estado do sistema físico considerado será uma superposição dos auto-estados $|a\rangle$, isto é: $|\ \ \rangle \qquad |a\rangle\langle a|\ \ \rangle$. Nessa expressão, $\langle a|\ \ \rangle$ representa a *amplitude de probabilidade* de encontrar o sistema físico considerado no auto-estado $|a\rangle$. Este resultado traduz o *colapso da função de onda*, também conhecido como *redução da função (pacote) de onda.*

45. Veja essa discussão em: Schilpp, P. A . (Editor) 1970. *Albert Einstein: Philosopher-Scientist.* Open Court; Jammer, M. 1974. *The Philosophy of Quantum Mechanics.* John Wiley and Sons.

46. Einstein, A., Podolsky, B. and Rosen, N. 1935. *Physical Review* 47, p. 777.

47. Bohr, N. 1935. *Nature* 136, p. 65; *Physical Review* 48, p. 696.

48. Schrödinger, E. 1935. *Naturwissenschaften* 23, p. 807; 823; 844.

49. É oportuno ressaltar que a *inseparabilidade quântica* foi, durante quase trinta anos, apenas objeto de especulações acadêmicas, até o físico irlandês John S. Bell (1928-1990) demonstrar, em 1964 (*Physics* 1, p. 195), um teorema – a famosa *desigualdade de Bell* – que permitia testar experimentalmente aquela inseparabilidade. Registre que, desde 1975, o físico francês Alain Aspect e colaboradores vêm realizando experiências sobre aquela inseparabilidade, com resultados favoráveis à interpretação de Copenhague da MQOS. Para uma análise sobre esses resultados, veja-se: Auletta, G. 2001. *Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics*, World Scientific; Goswami, A., Goswami, M. e Reed, R. E. 2000. *O Universo Autoconsciente*, Editora Rosa dos Tempos; Holland, 1993 (op. cit.); Gribbin, J. 1984. *À Procura do Gato de Schrödinger,* Editorial Presença; Gamboa-Eastman, S. 1994. *Physics Essays* 7(1), p. 3. É oportuno acrescentar que o físico alemão Alfred Landé (1888-1975) em vários trabalhos publicados [*American Journal of Physics* 33, p. 123 (1965); 34, p. 1160 (1966); 37, p. 541 (1969); 43, p. 701 (1975)], sugeriu um caminho alternativo àquela interpretação.

50. De Broglie, L. V. 1926. *Comptes Rendues Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 183, p. 24; 447; ——- 1927. *Comptes Rendues Hebdomadaires des Séances de*

l'Académie des Sciences de Paris 184; 185, p. 273; 380.

51. Bohm, D. 1952. *Physical Review* 85, p. 166; 180.

52. Essa transformação havia sido usada pelo físico alemão Erwin Madelung (1881-1972) em 1926 (*Zeitschrift für Physik* 40, p. 332). Por essa razão, ela é conhecida como *transformação de Madelung-Bohm.*

53. Essa é a razão pela qual essa interpretação causal da MQOS é também conhecida como *interpretação hidrodinâmica* dessa Mecânica.

54. Para entender essas equações, veja-se qualquer texto sobre Mecânica dos Fluidos, por exemplo: Streeter, V. L. and Debler, W. R. 1966. *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill Book Company, Inc.; Coimbra, A. L. 1967. *Mecânica dos Meios Contínuos*, Ao Livro Técnico S. A.; Landau, L. et Lifshitz, E. 1969. *Mécaniques des Fluides*, Éditions Mir; Bassalo, J. M. 1973. *Introdução à Mecânica dos Meios Contínuos,* Edufpa; Cattani, M. 1990. *Elementos de Mecânica dos Fluidos*, Editora Edgard Blücher.

55. Em 1954 (*Nuovo Cimento* 12, p. 103), o físico brasileiro Mário Schenberg (1914-1990) atribuiu uma outra interpretação para esse potencial, qual seja, a de que ele seria devido às tensões internas do contínuo.

56. A saga de Bohm para reinterpretar a Mecânica Quântica tem sido objeto de estudos do físico e filósofo da Ciência brasileiro Olival Freire Junior (n. 1954) em uma série de artigos e, também, no livro: Freire Jr., O. 1999. *David Bohm e a Controvérsia dos Quanta. Coleção CLE* 27 (UNICAMP). Ainda sobre essa saga, vejam-se os seguintes textos: Hiley, B. J. and Peat, F. D. (Editors) 1988. *Quantum Implications: Essays in Honour of David Bohm.* Routledge and Kegan Paul, Londres; Pessoa Junior, O. (Organizador) 2000. *Fundamentos da Física 1: Simpósio David Bohm*. Editora Livraria da Física, São Paulo.

57. Para uma extensão da MQBB à Teoria Quântica de Campos, vejam-se: Holland (op. cit.); Dürr, D., Goldstein, S., Tumulka, R. and Zanghi, N. 2004. *Physical Review Letters* 93, p. 090402. Aliás, neste artigo, os autores mostram como a Teoria, então estendida, descreve explicitamente a criação e a aniquilação de eventos, por intermédio das linhas mundo das partículas.

58. Mokross, B. J. 2000. In: Pessoa Junior, op. cit.

59. A "trajetória quântica" resulta da integração da "velocidade quântica", obtida da expressão (3.6), e que apresenta a seguinte expressão:

$$v_{QB}(x,t) \quad \frac{\dot{a}(t)}{a(t)} \; x \quad X(t) \quad \dot{X}(t)$$

onde *a(t)* representa a largura do *pacote de onda debroglieano* e *X(t)* o seu centro, conforme veremos mais adiante, ao tratarmos desse tipo de pacote.

60. Phillipidis, C., Dewney, C. e Hiley, B. J. 1979. *Nuovo Cimento* B52, p. 15.

61. Jónsson, C. 1961. *Zeitschrift für Physik* 161, p. 454.

62. Dewney, C. and Hiley, B. J. 1982. *Foundations of Physics* 12, p. 27.

63. Philippidis, C. Bohm, D. and Kaye, R. D. 1982. *Nuovo Cimento* B71, p. 75.

64. Dewney, C. Holland, P. R. and Kyprianidis, A. 1987. *Journal of Physics* A20, p. 4717.

65. Em 1921 (*Zeitschrift für Physik* 8, p. 110), os físicos alemães Walther Gerlach (1899-1979) e Otto Stern (1888-1969; PNF, 1943) realizaram uma experiência na qual confirmaram a *quantização espacial* dos planos das órbitas eletrônicas bohrianas. Essa quantização havia sido prevista pelo físico alemão Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868-1951) em 1916.

66. Bassalo, J. M. F., Alencar, P. T. S., Cattani, M. S. D. e Nassar, A. B. 2003. *Tópicos da Mecânica Quântica de de Broglie-Bohm.* EDUFPA.

67. As *equações de Schrödinger não-lineares* consideradas foram as seguintes: *Equação de Bialynicki-Birula-Mycielski* (Bialynicki-Birula, I. and MYCIELSKI, J. 1976. *Annals of Physics (NY)* 100, p. 62; ——- 1979. *Physica Scripta* 20, p. 539.); *Equação de Bateman-Caldirola-Kanai* (Bateman, H. 1931. *Physical Review* 38, p. 815; Caldirola, P. 1941. *Nuovo Cimento* 18, p. 393; Kanai, E. 1948. *Progress in Theoretical Physics* 3, p. 440.); *Equação de Kostin* (Kostin, M. D. 1972. *Journal of Chemical Physics* 57, p. 3539.); *Equação de Schuch-Chung-Hartmann* (Schuch, D., Chung, K. M. and Hartmann, H. 1983. *Journal of Mathematical*

Physics 24, p. 1652; ——- 1984. *Journal of Mathematical Physics* 25, p. 3086.); *Equação de Süssmann-Hasse-Albrecht-Kostin-Nassar* (Süssmann, D. 1973. *Seminar Talk at Los Alamos*; Hasse, R. W. 1975. *Journal of Mathematical Physics* 16, p. 2005; Albrecht, K. 1975. *Physics Letters* B56, p. 127; Kostin, M. D. 1975. *Journal of Statistical Physics* 12, p. 146; Nassar, A. B. 1986. *Journal of Mathematical Physics* 27, p. 2949.) e *Equação de Diósi-Halliwell* (DIÓSI, L. and Halliwell, J. J. 1998. *Physical Review Letters* 81, p. 2846.)

68. Lewis, H. R. 1967. *Physical Review Letters* 18, p. 510.

69. Ermakov, V. P. 1880. *Univ. Izv. Kiev* 20, p. 1.

70. Os sistemas físicos que apresentam IE-L são os representados pelas seguintes equações: *Schrödinger, Bateman-Caldirola-Kanai, Schuch-Chung-Hartman, Hasse*. Os sistemas que não apresentam IE-L são os representados pela equações: *Bialynicki-Birula-Mycielski, Kostin, Albrecht-Kostin-Nassar, Diósi-Halliwell.*

71. A demonstração dessa expressão pode ser encontrada em qualquer texto de Mecânica Quântica, como os indicados na Nota 43.

72. Essa diferença talvez indique uma maneira experimental para comprovar a existência do *potencial quântico de Bohm* (V_{QB}) dado pela expressão (3.7).

73. Mostafazadeh, A. 1997. *Physical Review* A55; p. 1653; 4084; ——- 1998. *Journal of Physics A: Mathematical, Nuclear and General* 31, p. 6495.

74. JI, J. Y., Kim, J. K. and Kim, S. P. 1995. *Physical Review* A51, p. 4268.

75. Lo, C. F. 1991. *Physical Review* A43, p. 404.

76. Agarwal, G. S. and Kumar, S. A. 1991. *Physical Review Letters* 67, p. 3665.

77. Os estados "espremidos" são definidos por: $\frac{x(t)}{x(0)}^2 \quad \frac{a(t)}{a(0)}^2$. Vide Referência na Nota 66.

78. O estudo experimental do tunelamento através de sistemas dissipativos poderá, talvez, também comprovar a existência de V_{QB}.

79. O *efeito Ramsauer-Townsend* (Ramsauer, C. W. 1921. *Annalen der Physik* 64, 66, p. 513, 546; Townsend, J. S. E. and Bailey, V. A. 1922. *Philosophical Magazine* 43, 44, p. 593, 1033) refere-se à transparência de alguns gases nobres em relação a elétrons com energia cinética crítica.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 109-114 **ISSN 1809-4791**

Um Século após o "Ano Miraculoso" de Albert Einstein

Abel D. Azeredo[1], José Carlos T. de Oliveira, Adriano Barros, Ijanílio G. de Araújo e Sumaia Vieira

Albert Einstein nasceu em 14 de março de 1879, na cidade de Ulm, em Württemberg, Alemanha. De família judia, em 1891, Einstein começou a dedicar-se à matemática e desejava obter um diploma em engenharia elétrica na Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), em Zurique, Suiça. Einstein não foi aprovado no primeiro exame de ingresso, entretanto, numa nova tentativa conseguiu ingressar e, em 1900, graduou-se nessa escola, obtendo o título de professor de matemática e física. No entanto, Einstein não conseguiu obter um trabalho acadêmico e, até 1901, continuou escrevendo para diversas universidades na esperança de obter um emprego, sempre sem sucesso.

Em 1896, Einstein renunciou à cidadania alemã e permaneceu sem pátria por vários anos. Somente em 1899, ele pediu a cidadania suiça, que lhe foi concedida em 1901.

Em meados de 1901, Einstein conseguiu um trabalho temporário como professor de matemática na Escola Superior Técnica de Winterthur. Em seguida, obteve um outro emprego temporário como professor em uma escola particular em Schaffhausen. Nesta época, o pai de Marcel Grossmann, físico e amigo seu desde os tempos de estudos na ETH, tentou conseguir um posto para Einstein, recomendando-o ao diretor do escritório de patentes em Berna. Ele foi então admitido, temporariamente, como especialista técnico de terceira classe.

Einstein trabalhou neste escritório de patentes de 1902 a 1906. Em 1904, seu emprego passou a ser permanente e, em 1906, ele foi promovido a especialista técnico de segunda classe. Foi exatamente durante a sua permanência no escritório de patentes de Berna que Einstein desenvolveu uma grande parte de sua contribuição para a física teórica. Estes trabalhos foram escritos nos seus momentos de folga "no serviço". Em 1905, Einstein recebeu seu título de doutor pela Universidade de Zurich.

Embora trabalhando no escritório de patentes de Berna, Einstein publicou, no ano de 1905, cinco trabalhos científicos, três deles fundamentais para a física moderna.

Em seu primeiro artigo de 1905, Einstein usou a hipótese quântica de Planck para descrever a radiação eletromagnética da luz, o chamado efeito fotoelétrico, onde a luz interage com as partículas materiais como se fosse constituída de "corpúsculos", ou pacotes de energia que, individualmente, passaram a ser conhecidos como fótons – "quantum" (plural: "quanta") de

(1) Grupo de Astrofísica, Gravitação e Relatividade, Departamento de Física, Universidade Federal de Roraima, Av. Ene Garcez 2413, Bairro Aeroporto, 69310-270 Boa Vista, RR. E-mail: aazeredo@gmail.com

radiação. Ao contrário do que muitos imaginam, Einstein recebeu o Prêmio Nobel de Física, em 1921, não pelos seus trabalhos sobre relatividade, mas sim por este trabalho sobre o efeito fotoelétrico.

O segundo artigo publicado por Einstein em 1905 intitulava-se *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento* e propunha uma nova teoria que recebeu o nome de *Teoria da Relatividade Especial*. Ainda relacionado com a teoria da relatividade, no final de 1905, Einstein publicou um outro artigo onde mostrava a equivalência entre massa e energia, expressa através da famosa fórmula $E = m\,c^2$.

O terceiro, mas não menos importante artigo de Einstein, em 1905, tratava de problemas da mecânica estatística, um campo da física onde grandes nomes, como Ludwig Boltzmann e Josiah Gibbs, destacavam-se. Sua teoria sobre o "movimento browniano" forneceu evidências teóricas para confirmar experimentalmente a existência dos átomos e moléculas.

Depois de 1905, Einstein continuou a trabalhar nessas áreas. Ele fez importantes contribuições à teoria quântica e procurou estender a teoria da relatividade especial a fenômenos envolvendo corpos acelerados para que a Gravitação também obedecesse ao princípio da causalidade, propondo o que se passou a chamar de *Teoria da Relatividade Geral*.

Em 1908, Einstein foi trabalhar na Universidade de Berna. No ano seguinte, ele se tornou professor de física na Universidade de Zurique, deixando para trás o seu trabalho no escritório de patentes em Berna.

Nessa época, Einstein já era reconhecido como um líder do pensamento científico em todo o mundo. Em 1911, ele foi designado professor na Universidade Karl-Ferdinand, em Praga, antiga Tchecoslováquia.

Em 1912, Einstein mudou-se de Praga para Zurique, passando a ocupar uma cátedra na Eidgenössische Technische Hochschule, em Zurique.

Einstein voltou à Alemanha, em 1914, e lá se estabeleceu, embora sem tentar recuperar a cidadania alemã. Seu prestígio fez com que ofertas impressionantes de emprego, em vários centros acadêmicos, fossem feitas a ele. Nesta época, também lhe foi oferecida uma posição de pesquisador na Academia Prussiana de Ciências, juntamente com uma cátedra, sem obrigações de ensino, na Universidade de Berlim. Ele também foi convidado a ser diretor do Instituto de Física Kaiser Wilhelm, em Berlim, que havia sido recentemente inaugurado.

Depois de várias tentativas erradas, Einstein publicou, no final de 1915, a versão definitiva de sua teoria geral da relatividade.

Quando expedições científicas inglesas observaram o eclipse solar, em 1919, em Sobral/CE, no Brasil, e na ilha do Príncipe, na África, e confirmaram suas previsões, Einstein passou a ser adorado pela imprensa popular. O jornal *London Times* colocou a seguinte chamada na sua edição de 7 de novembro de 1919:

> *Revolution in science – New theory of the Universe – Newtonian ideas overthrown.*
>
> (Revolução na ciência – Nova teoria do Universo – Idéias newtonianas derrubadas)

No ano de 1921, Einstein fez sua primeira visita aos Estados Unidos. Seu principal objetivo era levantar fundos para a planejada Universidade Hebraica, sediada em Jerusalém, Israel. Durante essa visita, ele recebeu a medalha Barnard e proferiu várias palestras sobre a teoria da relatividade.

Einstein passou, então, a fazer inúmeras viagens internacionais divulgando seus trabalhos. Visitou Paris em 1922, e no ano seguinte, foi à Palestina. Em 1924, ele fez sua última importante descoberta científica sobre a associa-

ção de ondas com a matéria. Em 19250, Einstein visitou a América Latina.

Em 1930, Einstein voltou a fazer visitas internacionais, retornando aos Estados Unidos. Quando visitou este país pela terceira vez, em 1932, foi oferecido a ele um emprego em Princeton. Segundo esse acordo, Einstein passaria sete meses do ano em Berlim e cinco meses em Princeton. Einstein aceitou a proposta e deixou a Alemanha, em dezembro de 1932, indo para os Estados Unidos. Nos meses seguintes, o partido nazista assumiu o poder na Alemanha. Einstein nunca mais retornou ao país onde nasceu. O que devia ser apenas uma visita transformou-se em algo permanente. Em 1935, Einstein pediu e obteve o visto de residência permanente nos Estados Unidos e, em 1940, ele recebeu a cidadania norte-americana, embora também mantivesse sua cidadania suíça.

De 1939 a 1945, o mundo viu-se mergulhado na chamada Segunda Guerra Mundial. Einstein estava nos Estados Unidos e, embora anteriormente se considerasse um pacifista, não permaneceu omisso ao que acontecia à sua volta.

Em 1905, como parte de sua teoria da relatividade especial, Einstein fez a importante descoberta de que uma grande quantidade de energia poderia ser liberada a partir de uma pequena quantidade de matéria. Isto foi expresso pela equação $E = mc^2$ (energia é igual à massa vezes a velocidade da luz elevada ao quadrado). Hoje, os reatores nucleares e, mais ainda, as bombas nucleares nos mostram claramente como esse princípio está correto.

Em dezembro de 1938, os físicos alemães Otto Hahn (1879–1968) e Fritz Strassman (1902-1980) obtiveram pela primeira vez a fissão do urânio 235, bombardeando urânio com nêutrons. Mais tarde, em 1939, eles e a física austríaca Lise Meitner (1878-1968) notaram que este processo de fissão liberava pelo menos dois novos nêutrons para cada nêutron que era absorvido na interação. Isto os levou a concluir que era possível criar uma reação em cadeia com uma inacreditável liberação de energia.

Em meados de 1939, ou seja, apenas seis meses após a descoberta da fissão do urânio, o assunto se tornou de domínio público. Os jornais e revistas norte-americanos discutiam abertamente as perspectivas apresentadas pela energia atômica. No entanto, nesta época, não existia nos Estados Unidos qualquer projeto oficial para o desenvolvimento de pesquisas ou utilização da energia atômica.

De qualquer modo, a divisão do átomo de urânio já era realidade e havia sido feita pela primeira vez na Alemanha, em dezembro de 1938. No início de 1939, alguns físicos passaram a acreditar que o regime nazista pudesse estar trabalhando na construção de um artefato nuclear. A preocupação vinha principalmente do fato de que a Alemanha tinha proibido a venda de minério de urânio proveniente das minas situadas na Tchecoslováquia, então ocupada pelas tropas nazistas. Sabiam eles que cérebros não faltavam na Alemanha. Urânio também não.

Mas os acadêmicos não tinham qualquer influência sobre aqueles que estavam no poder nos Estados Unidos. Eles não conseguiram obter qualquer apoio oficial para as suas preocupações. A saída foi explicar o problema a Einstein e pedir sua ajuda. Einstein disse que a possibilidade de uma reação em cadeia "nunca me ocorreu", mas rapidamente compreendeu o conceito. Einstein escreveu diretamente para o presidente norte-americano, Franklin Delano Roosevelt, e, assim, nasceu o projeto secreto de construção de uma bomba atômica, encoberto pelo nome *Manhattan Engineer District* ou *Manhattan Project* (Projeto Manhattan), o nome popular pelo qual é mais conhecido. Seu diretor era o físico Julius Robert Oppenheimer (1904-1967) e muitos dos cientistas que dele participaram não sabiam, a princípio, da natureza da empreitada.

Albert Einstein não participou de modo decisivo na construção da bomba atômica, mas o seu prestígio foi muito útil para facilitar o seu desenvolvimento.

No dia 16 de julho de 1945, os cientistas envolvidos no "Projeto Manhattan" alcançaram finalmente o seu objetivo. Neste dia, foi realizada a primeira explosão atômica artificial da história em uma área deserta chamada Jornada del Muerto, próximo a Alamagordo, Novo México. A era atômica havia iniciado. O medo passaria a dominar o nosso planeta.

Em 17 de julho de 1945, foi enviada ao presidente dos Estados Unidos uma petição assinada por 69 cientistas do *Metallurgical Laboratory* do Projeto Manhattan, em Chicago, pedindo que a bomba não fosse lançada.

Entretanto, esse apelo não foi ouvido e, em 6 de agosto de 1945, durante a II Guerra Mundial, uma bomba (apelidada pelos cientistas de "o homem gordo") explodiu em Hiroshima. Numa área de 12 km² houve 150 mil vítimas, entre as quais 80 mil mortos. Em 9 de agosto, em Nagasaki, explodiu a segunda bomba. Elas fizeram dezenas de milhares de mortos imediatamente e ao longo dos anos seguintes. Em poucos segundos, 36.000 quilotons destruíram as duas cidades japonesas. E a era atômica estava só começando. Poucos anos depois, já se havia experimentado a fusão nuclear com as bombas de Hidrogênio, onde uma bomba de fissão, como as de Hiroshima e Nagasaki, de Urânio ou Plutônio, é só o catalisador da reação. Hoje não se fazem mais testes nucleares na atmosfera, não por outro motivo senão ao fato, aprendido com as bombas de Hidrogênio, de que uma explosão dessas pode catalisar a fusão do Hidrogênio de toda a atmosfera e, por fim, das águas dos oceanos. Não é preciso pensar muito para prever o que aconteceria.

Einstein viveu profundamente também as contradições políticas e sociais de seu tempo. Lutador incansável pela paz, socialista "emocional" e crítico do socialismo real, opôs-se ao nazismo, ao macarthismo (perseguição a supostos simpatizantes de regimes de esquerda nos Estados Unidos), à guerra e à corrida armamentista. Pagou alto preço pessoal por isso.

Albert Einstein passou, sem sucesso, os últimos 20 anos de sua carreira científica trabalhando numa Grande Teoria Unificada na tentativa de unificar todas as interações físicas no escopo de uma única teoria. Entretanto, o conceito de espaço-tempo geométrico adotado em sua teoria para a Gravitação, a Teoria da Relatividade Geral implicava demasiada complexidade e tornava-a incompatível com a Mecânica Quântica. Embora Einstein tenha contribuído decisivamente no início do desenvolvimento da Teoria Quântica, ele se manteve resistente quando esta passou a interpretar a natureza dos átomos e moléculas como sendo probabilísticas. A "Nova Mecânica Quântica", desenvolvida a partir de 1925, adotava o Princípio da Incerteza e isto desagradava Einstein que acredita no determinismo natural, tanto que ficou célebre sua frase: "Deus não joga dados". Talvez ele tenha sido vítima de sua própria definição: "Preconceito é toda aquela carga de conhecimentos adquiridos após os 18 anos de idade".

Em 1952, os políticos israelenses ofereceram a Einstein o posto de presidente de Israel, em substituição ao seu primeiro presidente, Chaim Weizmann (1874-1952), que havia falecido. Einstein também recusou o cargo político.

Albert Einstein morreu no dia 18 de abril de 1955, em Princeton, Nova Jersey, Estados Unidos. Seu corpo foi cremado em Trenton, Nova Jersey, neste mesmo dia. Suas cinzas foram espalhadas em um local não divulgado.

Quanto ao mito de gênio que o cerca, traduzido na figura de um velho cientista excêntrico e isolado, com cabelos brancos e desgrenhados, ele mesmo deu a receita: "É curioso ver como a gente parece aos olhos dos outros. Foi

meu destino que minhas realizações fossem supra-avaliadas além de todos os limites, por razões incompreensíveis. A humanidade necessita de alguns poucos ídolos românticos como spots de luz no campo da existência humana. Eu me tornei um tal spot de luz".

Albert Einstein foi um cientista "Pop-Star". Teve o privilégio de viver numa época de descobertas tão fenomenais para a Física, como a descoberta do elétron e do átomo, a Mecânica Quântica e a Teoria do "Big-Bang", entre outros, e ser contemporâneo de gênios como: Max Planck, Niels Bohr, Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Paul Dirac, entre outros. Ele esteve, direta ou indiretamente, ligado a praticamente todos os grandes avanços científicos do século XX e, mais impressionante que tudo, aos avanços conceituais da ciência, mesmo quando não tinha a intenção de acertar. Quando ele obteve as primeiras soluções, ditas "cosmológicas", da sua Teoria da Relatividade Geral, elas previam um universo em expansão. Einstein, sem demora, "rearrumou" suas equações forçando uma solução cosmológica estática, pois na época não se admitia movimento de matéria em larga escala no universo. Edwin P. Hubble (1889-1953), na década de 1920, mediu pela primeira vez o desvio da freqüência da luz emitida pelas estrelas e galáxias distantes comprovando experimentalmente que o universo está em expansão, pois praticamente todas as galáxias no universo se afastam mutuamente. Einstein foi forçado a recuar e manter as suas equações originais. Das soluções cosmológicas da Teoria da Relatividade Geral, nasceu a teoria do "Big-Bang".

Os trabalhos de Einstein sobre a Mecânica Estatística forneceram evidências teóricas para aceitar os resultados experimentais de Ernest Rutherford (1871-1937) e Niels Bohr (1885-1962) sobre a existência dos átomos, idéia perseguida desde a antiguidade com Demócrito (460-370 a.C.) e outros atomistas e só comprovada no início do século XX. Com o desenvolvimento da teoria nuclear e da teoria do "Big-Bang", pode se entender como a matéria surgiu no nosso universo, condensou-se em estrelas e evoluiu, no interior das estrelas, por processos de fusão nuclear, de simples átomos de Hidrogênio e Hélio para os mais de 1200 átomos (com seus isótopos) conhecidos. Assim, em pouco mais de 40 anos, a humanidade não só tomou conhecimento da existência dos átomos, como também de sua história evolutiva, ou seja, donde vieram os átomos de que somos feitos. E pensar que hoje a nanotecnologia já projeta motores e materiais construídos átomo a átomo.

A noção que Einstein usou para descrever a radiação eletromagnética, onde a luz apresenta um comportamento "dual", isto é, propaga-se como uma onda, mas interage com as partículas materiais como se fosse uma partícula, ou seja, constituída de "corpúsculos", ou pacotes de energia que individualmente chamamos de fótons – "quantum" (plural: "quanta") de radiação –, contribuiu decisivamente para o desenvolvimento da, então nascente, Mecânica Quântica. Embora Einstein tenha resistido à Mecânica Quântica na verdade nunca a aceitado tal qual ela passou a se apresentar a partir de 1925 quando começou a interpretar a natureza dos átomos e moléculas como sendo probabilísticas, adotando o "Princípio da Incerteza", ele contribuiu decisivamente, mesmo com a intenção de apontar seus defeitos para desqualificá-la, para seu desenvolvimento. Nada mais construtivo para um trabalho perfeito que alguém, altamente qualificado, apontando os defeitos o tempo todo, mesmo que com a intenção de destruí-lo. A Mecânica Quântica é hoje um sucesso absoluto e a tecnologia moderna é prova irrefutável disso. Já se fala até em Computadores Quânticos.

Albert Einstein pode, em muitos aspectos, ser comparado a Isaac Newton (1643-1727). Assim como Newton, que teve que se refugiar de Londres na fazenda de sua mãe durante uma peste

que assolava Londres e, lá, teve suas mais brilhantes idéias, Einstein teve seu ano de genialidade em 1905, quando estava afastado do mundo acadêmico das universidades e trabalhava no escritório de patentes em Berna. Da mesma forma que Newton, que chegou a ocupar um assento na câmara dos Lordes da Inglaterra e nunca apresentou um só projeto de lei, ficando em pé, durante uma seção, uma única vez, quando todo o parlamento silenciou-se esperando ouvir o "gênio" falar, mas este pediu apenas para que fosse fechada uma janela para que não entrasse o vento frio, Einstein era cultuado pela mídia como um astro pop. Tanto Einstein como Newton passaram os últimos 20 anos de suas carreiras trabalhando em tentativas infrutíferas. Newton dedicou-se à Teologia e tentava dimensionar um lugar para o inferno. Einstein trabalhou na tentativa de obter uma Grande Teoria Unificada para a Física, uma única teoria que abraçasse em seu escopo todas as interações físicas.

Bibliografia

Einstein, A. Como vejo o mundo. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

Einstein, A. Escritos da maturidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

Pais, A. Einstein viveu aqui. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1996.

Einstein, A. Notas autobiográficas. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

Moreira, I. C. & Videira, A. A. P. (Orgs.). Einstein e o Brasil. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995.

Dukas, H. & Hoffman, A. Einstein: o lado humano. Brasília: Editora da UnB, 1979.

Stachel, J. (Org.) O ano miraculoso de Einstein – Cinco artigos que mudaram a face da física. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, 2001.

Pais, A. Sutil é o Senhor... A ciência e a vida de Albert Einstein. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1995.

Einstein, A. A teoria da relatividade especial e geral. Rio de Janeiro, Contraponto, 2000.

Brian, A. Einstein: a ciência da vida. São Paulo, Ática, 1998.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 115-116 **ISSN 1809-4791**

Priestley, o Inventor do Refrigerante

Robson Fernandes de Farias[1]

Joseph Priestley (1733-1804) tornar-se-ia conhecido por suas inúmeras contribuições para a química, tal como seus estudos com gases, que o colocariam, ao lado de Lavoisier, como um dos descobridores do oxigênio (embora Scheele tenha, em verdade, descoberto o oxigênio antes de Priestley e Lavoiser).

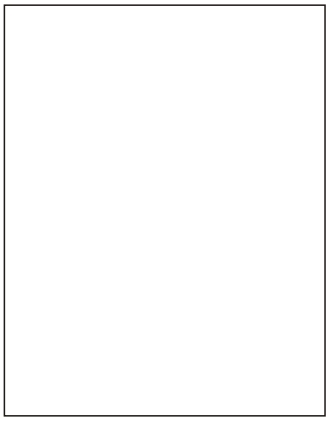


Figura 1. Priestley.

Não tendo recebido um treinamento específico como cientista (ele era, em verdade, um clérigo) Priestley terminaria por isolar e estudar um número de gases maior do que qualquer outro antes dele.

A atenção de Piestley teria sido voltada à química após sua atuação na Warrington Academy (1761), na qual ele conheceria Matthew Turner, um médico que lecionava química na Academia (Priestley, por sua vez, era da área de "humanas", lecionando, dentre outras disciplinas, história) embora suas atividades na área só tivessem início anos mais tarde (1767).

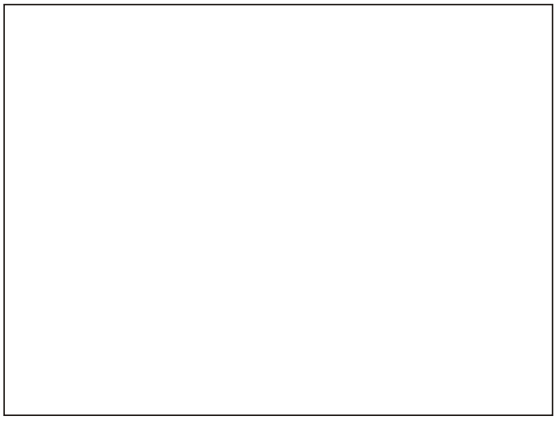


Figura 2. Aparato utilizado por Priestley para o estudo dos gases. Pode-se ver, na parte inferior, sob uma campânula de vidro, um camundongo, "companheiro" de Priestley nos experimentos sobre a respirabilidade do ar.

Os estudos de Priestley sobre os gases seriam iniciados na cidade de Leeds, na qual ele residira em uma casa vizinha a uma cervejaria, o que o levaria a interessar-se pelo "ar fixo" (dióxido de carbono), o qual surgia na superfície das misturas em fermentação. Como resultado de suas pesquisas, Priestley concluiria que as qualidades medicinais das águas de algumas locali-

(1) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima, Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista – RR. E-mail: robsonfarias@ pesquisador.cnpq.br

dades deviam-se à presença do ar fixo nelas dissolvido.

Priestley não foi, necessariamente, o primeiro a preparar determinadas substâncias gasosas, mas foi o primeiro a isolá-las e estudá-las sistematicamente, descrevendo-lhes as propriedades. Assim, ele estudaria o óxido nítrico, o óxido nitroso, o cloreto de hidrogênio, a amônia, o dióxido de enxofre, o tetrafuoreto de silício e o oxigênio. A investigação sistemática de Priestley envolvia, dentre outras, a avaliação da solubilidade em água, capacidade de manter ou não uma chama acesa e a respirabilidade dos gases estudados.

Em 1794, Priestley emigraria para os Estados Unidos, onde viveria pelo resto de sua vida, após as revoltas ocorridas em Birmingham, na qual a casa de Prisetley foi destruída, com seus livros e aparatos científicos sendo lanlados pela janela, pela turba ensandecida. A revolta teve motivações político-religiosas e Priestley, conhecido como liberal, foi uma das vítimas.

O feito de Priestley, que motiva o título deste capítulo, foi sua invenção da bebida gaseificada adicionada de sucos de frutas, o que equivale a dizer, o primeiro "refrigerante". Priestley construiu uma máquina caseira para borbulhar dióxido de carbono na água, acrescentando-se então sucos de frutas. Pelo fato de o CO_2 ser armazenado em bexigas de porco, a bebida produzida tinha, muitas vezes, um gosto que desagradava aos convidados. A própria água gaseificada ("soda") criada por Pristley recebeu grande atenção do público. Porém, suas propriedades medicinais (cura para doenças causadas por carência de vitaminas), advogadas por Priestley, não foram comprovadas.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 117-127 **ISSN 1809-4791**

Desenvolvimento do Agronegócio Frutícola nos Estados da Amazônia Legal – Potencialidades Roraimenses

Leandro Camargo Neves[1], Ronaldo Moreno Benedette[2], Eliezer de Souza Campos[3], Geraldo Luiz Cavalcanti de Souza[3], Marcos André de Souza Prill[3], Nayron Xavier Moreira[3] e Rogério Lopes Vieites[4]

Abstract

Agribussiness Fruit Development in the States of Legal Amazônia – Roraima Potentialities

This work has for objective the prospection of a technician finding and, over all, of scientific-technological actions that aim at the development of the fruticulture in the Amazon region, more specifically in the State of Roraima. The work will be developed in the Department of Fitotecnia, of the Center of Agriculture Sciences, the Federal University of Roraima – UFRR. Basically, the used methodology will be of auto-evaluation in all the partner-economic and technological aspects of the chains productive of fruits produced in Roraima and, consequently, the proposal resizing and reformatting actions in the productive processes, adapted mainly, to the markets most demanding.

Key-words: productive chains; fruticulture; quality.

Introdução

A existência de diferentes tipos de microclimas, regimes pluviométricos, tipos de solos, cadeias mercadológicas altamente segmentadas e diferentemente especializadas, incorporadas e somatizadas ao constante incremento das tecnologias de condução e manejo pré-colheita, assim como novas e promissoras técnicas para a segurança microbiológica, beneficiamento e processamento pós-colheita coloca, hoje, o Brasil como um dos principais protagonistas do Agronegócio Frutícola Mundial.

Nas últimas décadas, o Brasil se tornou o terceiro maior produtor mundial frutícola, principalmente no que concerne à fruticultura tropical (Tabela 1). Neste sentido, passamos de uma produção de 11,5 milhões de toneladas por ano, no início da década de 1970, para 36,8 milhões de toneladas por ano, em 2002, com grande des-

(1) UFRR- Prof. Depto de Fitotecnia – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Roraima, Km 12 BR174 s/n°, CEP 69301-970, Boa Vista/RR. E-mail: rapelbtu@hotmail.com
(2) UFRR- Graduando em Agronomia – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Roraima, Km 12 BR174 s/n°, CEP 69301-970, Boa Vista/RR. E-mail: benedette@hotmail.com
(3) UFRR- Pós-Graduando em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Federal de Roraima, Km 12 BR174 s/n°, CEP 69301-970, Boa Vista/RR. E-mail: escampos@bol.com.br, geraluis@bol.com, marcosprill@bol.com.br, nxmoreira@hotmail.com
(4) UNESP/FCA-Prof. Dep^{to} de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, C.P. 237, CEP 18603-970, Botucatu/SP. E-mail: vieites@fca.unesp.br

taque para as regiões de clima temperado do Sul do país, de cerrado, no Centro-Oeste, de semi-árido, no Nordeste, e, em áreas estratégicas da Amazônia Legal.

A Fruticultura, no Brasil, ocupa, atualmente, uma área de dois milhões e meio de hectares comerciais, gerando um PIB de US$ 11,2 bilhões e ofertando aproximadamente cinco milhões de empregos diretos. Permite a fixação do homem no campo de maneira socialmente sensata, pois permite uma vida digna de uma família dentro de pequenas propriedades (até 15 ha), desde que se trabalhe, prioritariamente, com vistas à manutenção da qualidade. Em média, pode gerar oportunidades de ocupação de 2 a 5 trabalhadores, na cadeia produtiva, para cada hectare cultivado. Assim, o segmento frutícola está entre os principais geradores de renda, de empregos e de desenvolvimento rural.

Tabela 1. Tabela das principais frutas tropicais brasileiras comercializadas internacionalmente (ADA, 2004).

Frutas tropicais brasileiras demandadas no mercado internacional	
Frutas tropicais conhecidas	**Frutas tropicais exóticas**
Manga	Açaí
Melão	Sapoti
Banana	Cupuaçu
Mamão papaia	Castanha-do-Pará
Limão	Camu-camu
Laranja	Carambola
Tangerina	Castanha de cajú
Melancia	Mangostin
Abacaxi	Lichia

Só para se ter idéia da macroevolução Frutícola Brasileira, de 1999 a 2002, o Brasil duplicou a exportação de frutas e o Nordeste passou a ocupar um lugar de destaque no setor: atualmente, a maior região produtora de melão no País localiza-se no Pólo Açu/Mossoró, no Rio Grande do Norte, e o Pólo Petrolina/Juazeiro firmou-se como grande exportador de manga, banana, coco, uva, goiaba e pinha, garantindo o emprego de 400 mil pessoas em áreas do semi-árido da Bahia e Pernambuco, revertendo, desta forma, o êxodo rural, caracteristicamente um dos principais problemas nos grandes centros urbanos.

Aproveitando-se, então, do sucesso da fruticultura na Região Nordeste, a Região Norte, compreendendo os Estados pertencentes à Amazônia Legal, tem despendido grandes esforços para o seu desenvolvimento e potencialização, sendo considerada por muitos pesquisadores como "o celeiro da fruticultura exótica". Esse setor vem alcançando desenvolvimento significativo, integrando o cultivo de espécies nativas com outras adaptadas ao mercado consumidor consolidado. O potencial agroindustrial das fruteiras exóticas da Amazônia é gigantesco em função, principalmente, de características como sabor, aroma e cor, inexistentes na Europa e nos Estados Unidos da América, dois dos principais mercados consumidores mundiais.

Produzidas na Amazônia, fruteiras como açaí, bacaba, cupuaçú, bacuri, cubio, araçá-boi, piquiá, maracujá, banana, abacaxi, mamão, laranja, tangerina, uva, melão, melancia, graviola, biribá, buriti, taperebá, tamarindo, murici, uixi, mari, camú-camú, acerola, tucumã, pupunha e tantas outras já assumiram seu lugar de destaque na mesa dos consumidores, tanto em nível nacional quanto internacional, extrapolando as fronteiras regionais, onde, indubitavelmente se encontra "a menina dos olhos" de qualquer agroempresário.

Exemplificando, recentemente, o Estado do Pará, um dos principais representantes frutícolas da Região Norte e, sobretudo, um exemplo a ser seguido, mais especificamente na região de Tomé-Açú, próximo de Belém e da

zona bragantina, considerada por muitos ecologistas como uma região desértica e degradada, vem se transformando em um grande produtor de maracujá, mamão papaia, cupuaçú, mangostin, rambutã, durian e acerola (que contém um alto teor de vitamina C e que passou a ser conhecida, na França, como a cereja do Pará).

Justificativa

O Estado de Roraima, considerado por muitos pesquisadores como o celeiro produtivo da Região Norte, caracteriza-se potencialmente pela produção pesqueira, pela exploração animal extensiva e, em escala familiar, pela exploração de caprinos e ovinos bem como pela produção frutícola, hoje considerada como a "menina dos olhos" das políticas agrícolas locais. Outras alternativas ainda em desenvolvimento, como é o caso da produção de grãos e da apicultura, podem, e com certeza devem, impulsionar o fortalecimento e o desenvolvimento do setor agroindustrial local.

A Fruticultura, tomando como exemplo o Vale do São Francisco/PE-BA e o Vale do Açu/RN-CE, tem, na sua plenitude gestacional, a característica marcante de potencializar e desenvolver diretamente o produtor e, em se tratando de produtor frutícola, salvo as exceções do citrus, no Estado de São Paulo e a maçã, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, remete essencialmente à micro pequenas agropropriedades e, em sua grande maioria, à agricultura familiar, o que, no mínimo, inclui uma contextualização de caráter humano ao estabelecimento socioeconômico dessa classe.

Em regiões potencialmente agrícolas, como é o caso do Estado de Roraima, a consolidação do agronegócio frutícola também pode minimizar o índice de um dos principais problemas sociais que afeta o desenvolvimento local: a migração de trabalhadores e produtores rurais para os grandes centros urbanos – principal política de povoamento e distribuição de terras utilizadas pelo Governo Federal, em Roraima, e executada pelo INCRA local (de acordo com dados publicados pelo IBGE no ano de 2000, 76% da população total do Estado de Roraima reside em área urbana). Outro fator que corrobora com a importância da fruticultura para o Estado é o fato de que o cultivo de plantas perenes contribui também para mudar a forma de agricultura praticada atualmente por pequenos agricultores, que consiste no desmatamento anual para o plantio das culturas chamadas "lavouras brancas", como por exemplo o feijão, o arroz, o milho e a mandioca, onde, a cada ano, novas áreas de floresta são derrubadas para aproveitamento da matéria orgânica proveniente do solo e resíduos das queimadas. Com o cultivo de frutíferas, as mesmas áreas são utilizadas por diversos anos devido ao ciclo das culturas, o que propicia o melhor manejo dos recursos naturais existentes.

Além disso, o agronegócio das frutas pode: oferecer a esse pequeno produtor do Estado de Roraima, que poderia ser chamado também de pequeno agroempresário, dado o devido apoio e capacitação integralizada, agregação do valor ao produto in natura, a classificação, padronização e segmentação de mercados promissores locais e internacionais (incluindo mais prontamente a Venezuela, Caribe e EUA); melhorar exponencialmente a qualidade final; diminuir as perdas em pós-colheita através das técnicas de embalagem e processamento; conseguir, desde que bem assessorado, por intermédio de associações e/ou cooperativas, regularização da sazonalidade de produção e da oferta e o controle do preço pago ao produtor, limitando as for-

ças do atravessador local, dentre outros fatores, que podem e vão colocar o produtor Roraimense às portas do mercado internacional.

Vale ainda ressaltar que a fruticultura, em Roraima, está decisivamente amparada em algumas vantagens comparativas de valor estratégico para o desenvolvimento socioeconômico do Estado, como por exemplo:

- Vias de escoamento da produção: Roraima conta com a BR-174, principal via de escoamento do Estado, que liga Roraima ao Amazonas e à Venezuela e que permite o acesso aos mercados do Amazonas, Caribe, de outros países Sul-americanos e da América do Norte. Nesses trajetos, ressalta-se a proximidade de Roraima com infra-estruturas portuárias para exportação, como o Terminal Graneleiro de Itacoatirara (AM), distante aproximadamente 900 Km de Boa Vista e 800Km de Puerto Ordaz, na Venezuela, permitindo acesso aos mercados da Europa e da costa leste dos Estados Unidos. A segunda alternativa (ainda não concluída) é a Rodovia Perimetral Norte (BR-210), planejada para ligar o Oceano Atlântico ao Pacífico. A terceira grande alternativa se efetivará por meio da BR-401, mediante a implantação do Projeto Arco Norte (em fase de projeto), o qual interligará a capital de Roraima à Macapá, passando pela Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, propiciando, também, a utilização das estruturas portuárias desses países para alcançar os mercados consumidores da Europa e dos Estados Unidos. O Estado conta, ainda, com uma malha viária expressiva no interior, as chamadas vicinais, e também estradas municipais, localizadas, principalmente, em torno de núcleos de assentamento rural. Embora essas estradas necessitem de manutenção periódica, o sistema viário permite o escoamento da produção até os centros de comercialização no Estado e em Manaus, hoje principal centro consumidor de produtos roraimenses;
- Disponibilidade de energia: Roraima é o único Estado brasileiro que dispõe de energia suficiente para atender toda a população urbana do Estado, e que pode ainda contar com excedente para atender empreendimentos agrícolas e seus processos industriais pertinentes. Este potencial é oferecido a partir da energia elétrica gerada na Usina Hidroelétrica de Guri, na Venezuela.
- Disponibilidade de áreas para incorporação imediata ao processo produtivo: Roraima apresenta regiões adequadas para o estabelecimento de agronegócios sustentáveis, integrando as unidades produtivas e a agroindústria, com destaque para dois ecossistemas: as áreas de lavrado ou savanas (semelhantes aos cerrados da Região Centro-Oeste) com disponibilidade de 1,5 milhão de hectares, e áreas de floresta tropical, com disponibilidade de 900 mil hectares alterados por processos de desmatamento em núcleos de assentamentos rurais.
- Condições climáticas: Como mencionado anteriormente, Roraima possui aproximadamente 95% de sua área no Hemisfério Norte, ocasionando períodos chuvosos e secos contrários às demais regiões brasileiras, acarretando períodos de safras invertidos, ou seja, a produção local ocorre na entressafra das frutas brasileiras, contribuindo,

assim, para a facilidade da inserção dos produtos Roraimenses nos demais Estados brasileiros. O período seco bem definido contribui também para a minimização da ocorrência de doenças que limitam a produção de algumas espécies de regiões tropicais úmidas.

Nesse sentido, a Câmara Setorial de Fruticultura, bem como o Centro de Ciências Agrárias da UFRR, vêm desenvolvendo, ao longo destes anos, inúmeros projetos para a consolidação e desenvolvimento "qualitativo" do setor Frutícola do Estado de Roraima, no entanto, muitas são as ações a serem ainda implementadas de modo a condicionarmos o profissionalismo na fruticultura esse Estado.

Caracterização biótica do estado de Roraima

Situado no extremo setentrional do Brasil, o Estado de Roraima possui uma área de 224.131.3 km^2 que equivale a 2,61% da superfície do Brasil e a 5,95 % da Região Norte. População estimada em 346.871 habitantes, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: Extremo Norte 5' 16' 19' N**;** Extremo Sul 1' 27' 00' S; Extremo Leste 58' 58' 30' e Extremo Oeste 64'39' 30' W, fazendo fronteiras com a República da Venezuela e a República Cooperativista da Guiana (Norte), Estado do Amazonas (Sul), República Cooperativista da Guiana e Estado do Pará (Leste).

Para efeitos de simplicidade, pode-se considerar que, aproximadamente, 75% da área do Estado é coberta por mata de diversas classificações, que variam desde a floresta tropical densa, com as mesmas características da Amazônia Central, a florestas abertas, onde as árvores são bem mais espaçadas, de menor altura, com muitas palmeiras, podendo ou não ser intermeadas por vegetação arbustiva. Os restantes 25% correspondem a áreas abertas classificadas genericamente como Savanas e comparadas ao cerrado brasileiro. Para algumas áreas abertas, com solo laterítico característico, o termo "Lavrado" também foi proposto.

Em geral, o Estado de Roraima apresenta duas estações climáticas bem definidas: o período chuvoso, que pode-se estender de maio a setembro, e o período da seca, abrangendo os meses de outubro a abril. Entretanto, a transição do inverno, saindo do Estado do Amazonas e chegando no Estado de Roraima, supostamente proporciona maior pluviosidade e maior tempo de duração da época das chuvas na Região Sul, especialmente nos municípios de São João da Baliza, São Luiz do Anauá, Caroebe e Rorainópolis. Em contrapartida, é característico o maior tempo de estiagem nos municípios da Região Centro-Norte, principalmente em Iracema e Mucajaí. A luminosidade é basicamente constante em todos os meses do ano, aproximadamente doze horas diárias. As temperaturas médias oscilam entre 27 a 34 °C, durante todo o ano, no entanto, nos municípios da Região Norte do Estado, como Pacaraima, Uiramutã e Normandia, as temperaturas noturnas podem chegar a médias de 20 a 24 °C.

Desenvolvimento do Projeto

Zoneamento frutícola no estado de Roraima

As espécies frutíferas atualmente cultivadas em regime comercial no Estado de Roraima são: abacaxi, açaí, acerola, banana, caju (castanha e polpa), coco, cupuaçú, lima-ácida, manga, mamão, maracujá e uva, em áreas que se aproximam a um total de 1200 ha, em sua maio-

ria irrigadas e, para o ano de 2006, há idealização conceptiva para outros 4.800 ha irrigados, espalhados em todo o Estado. Entretanto, seria importante ressaltar que, tanto em Roraima como em todo o território nacional, a fruticultura tem por característica principal a adoção de um alto grau de tecnificação em áreas que não ultrapassam, de uma maneira geral, 2 ha. Isso significa, em termos econômicos, somente até 2005, não menos do que 1.250 famílias, pelo menos, 25 agroindústrias familiares e/ou microempresariais e 3 agroindústrias de processamento de frutas de pequeno porte. Numericamente, estaríamos falando de quase 5.000 empregos diretos, cerca de 12.500 indiretos e mais de 7.000 temporários. Se levarmos em consideração que só o município de Boa Vista/RR, com aproximadamente 280.000 habitantes, correspondendo a quase 70% de toda a população do Estado de Roraima, possui cerca de 15.000 desempregados, vivendo em condições subhumanas, a proposta de desenvolvimento do setor frutícola e a subseqüente geração de "novos empregos" poderia melhorar a condição de vida não só do cidadão Boa-vistense, como de toda a população do Estado de Roraima. Em 2006, esse quadro seguramente pode e vai duplicar. Ainda existe a fruticultura regional 'prospectiva', ou seja, ainda não explorada comercialmente, com excelente potencialidade para desenvolvimento do agronegócio frutícola no Estado de Roraima, destas, a ata, a atemoya, o buriti, a carambola, a cherimoya, a goiaba, a graviola e o taperebá já despertam o interesse do agroempresário local. Estima-se, hoje, que essas culturas estejam ocupando uma área de não mais do que 350 ha, espalhadas de maneira desordenada, sem qualquer aporte ou incentivo gerencial tecnológico e, sobretudo, sem o profissionalismo, sem empreendedorismo que pode, e seguramente irá, desenvolver a fruticultura tropical no Estado de Roraima. Da mesma forma, mesmo botanicamente não sendo consideradas como espécies frutícolas, o melão, a melancia e o morango também têm encontrado espaço no desenvolvimento frutícola.

Desta forma, o zoneamento da fruticultura atual e a inserção comercial de novas culturas, levando em consideração os diferentes aspectos edafo-climáticos das regiões e a particularidade de cada espécie trabalhada, ficaria assim alocado (Figura 1).

Região Sul

- Município de Caracaraí: graviola, manga, buriti e taperebá
- Município de Caroebe: banana
- Municípios de São Luiz do Anauá, São Luiz da Baliza e Rorainópolis: açaí, buriti, coco e cupuaçú

Região Central

- Município do Alto Alegre: abacaxi, acerola e banana
- Município de Boa Vista: ata, acerola, banana, goiaba, lima-ácida, mamão, manga, maracujá, melancia, melão e uva
- Município de Bom Fim: banana, melancia e melão
- Município do Cantá e Iracema: abacaxi e banana
- Município do Mucajaí: manga

Região Norte

- Municípios de Amajarí e Normandia: melancia e melão
- Municípios de Pacaraima e Uiramutã: atemoya, caju, chemoya, morango e uva

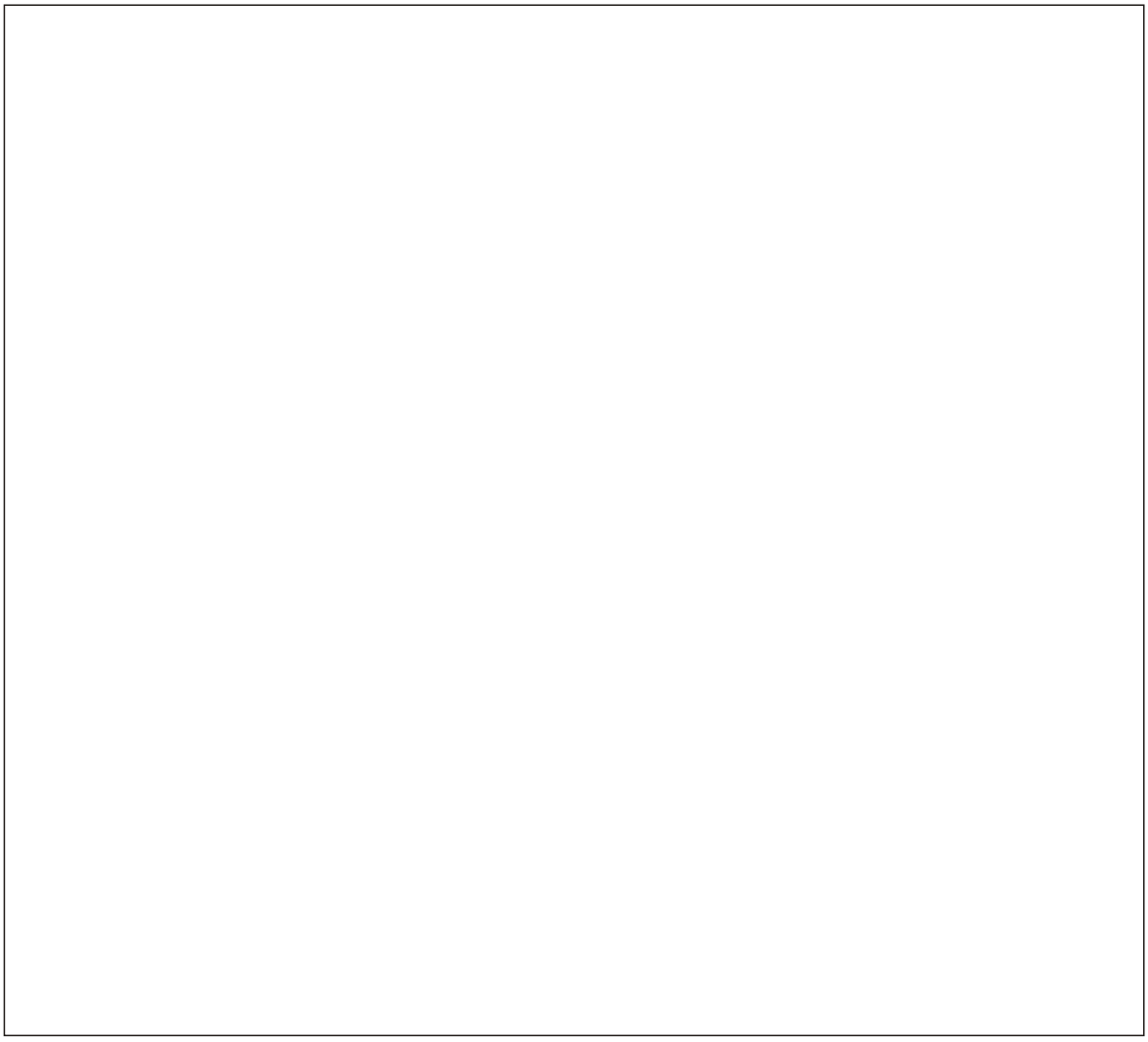


Figura 1. Mapa da divisão geopolítica do Estado de Roraima com suas potencialidades (SUFRAMA, 2001).

Ações institucionais para o desenvolvimento no setor frutícola de Roraima

O cenário favorável em relação à fruticultura fez com que essa cadeia produtiva fosse incluída no Programa das Plataformas Tecnológicas do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) para investimentos no Estado de Roraima. Nesse sentido, a Câmara Setorial de Fruticultura (CASF), o Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFRR), a Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento (SEAAB), a Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN), a Fundação do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (FEMACT) e a EMBRAPA, instituições que participam do Núcleo de Estudos em Fruticultura do Estado de Roraima (NEFERR), têm intensivamente concentrando esforços para a difusão de tecnologias e consolidação do espírito empreendedor e profissional, principalmente para o agricultor familiar, no setor frutícola Estadual.

Situação atual – desafios e oportunidades de desenvolvimento do setor frutícola do estado de Roraima

Em inúmeras reuniões da CASF, onde, incansavelmente, todas as instuições representantes do NEFERR, inclusive fazendo-se presentes vários representantes políticos municipais, de cooperativas e associações, discutiram a questão do desenvolvimento da fruticultura no Estado de Roraima, identificando os principais gargalos que afetam o desempenho da cadeia da fruticultura assim dispostos:

a. Legalização e demarcação fundiária;
b. Baixo nível de consciência cooperativista e associativista;
c. Dificuldade na obtenção do SIF;
d. Carência de sistemas de irrigação adequados;
e. Inexistência de um entreposto local para a comercialização da produção frutícola do Estado;
f. Falta de uma política estadual, principalmente quanto à formação de preços e à questão do atravessador;
g. Falta de um zoneamento agroeconômico pormenorizado para o Estado;
h. Irregularidade na entrega e o alto preço cobrado pelos insumos agrícolas;
i. Deficiência na assistência técnica prestada, tanto na questão presencial quanto na própria qualificação tecnológica, refletindo, desta forma, na falta de credibilidade e confiabilidade perante o técnico;
j. Inexistência de transportes adequados, principalmente quanto à manutenção da cadeia do frio;
k. Inadequações e ineficiências das embalagens (quando utilizadas), muitas vezes, causando mais prejuízos do que benefícios;
l. Ausência de infra-estrutura para o escoamento da produção inadequada, principalmente quanto à qualidade das vias de transporte;
m. Carência de gerenciamento tecnológico, pré-colheita para produção de frutas com qualidade, principalmente em relação à Produção Integrada de Frutas (PIF) e até mesmo o cultivo orgânico de fruteiras;
n. Falta de conhecimento do ponto ideal de colheita e transporte das frutas "dentro da porteira";
o. Inexistência e ineficiência de tratamentos físico-químicos e gerenciais em pós-colheita;
p. Ausência de *packinghouses* próximos e centralizados nas áreas produtivas locais;
q. Ausência de câmaras frigoríficas para o armazenamento refrigerado das frutas e,
r. Ausência de controle microbiológico nos processos agroindustriais artesanais e/ou industriais, de uma maneira geral, para a produção de doces em massa, geléias, geleiadas, polpa de frutas, frutas desidratadas, entre outros produtos processados.

Desta forma, as ações que vislumbrem a potencialização do setor frutícola para o Estado de Roraima, basicamente, têm a obrigatoriedade de trabalhar no sentido de capacitar o produtor rural, associação e/ou cooperativa nas áreas de associativismo, tecnologias de manejo/produção que viabilizem, inicialmente, a produção integrada de frutas (PIF), principalmente em relação ao dispêndio, incontrolável e inconseqüente de recursos químicos e, posteriormente,

o fomento à concepção do manjo orgânico e auto-sustentável, à disponibilização de mudas limpas e resistentes às pragas e doenças de principal interesse ao, aproveitamento de resíduos da produção para a compostagem (diminuição de gastos e controle ambiental de resíduos), metodologias práticas na determinação do ponto ideal de colheita, à reformatação dos padrões comportamentais na colheita e na conservação do produto in natura, a tecnologias de processamento, escolha e determinação da correta embalagem a ser utilizada, ao fortalecimento das ações realizadas no aproveitamento dos subprodutos. Da mesma forma, o apoio efetivo do governo estadual/federal na concepção do reservatório de água e equipamentos de irrigação, construção e adequação dos entrepostos, melhoria nas condições das estradas e pontes de acesso e, principalmente, estabelecimento de uma política de controle na questão dos atravessadores, fortalecendo, desta forma, o principal elo da cadeia produtiva de frutas, ou seja, o próprio produtor rural.

Resultados esperados

a. Através de dados coletados em instituições públicas e privadas e, através do estabelecimento das 15 (cinco) microregiões a serem trabalhadas, formatar o levantamento formal das condições sociais e econômicas da região, elaboração de mapas pedológicos, capacidade de uso da terra, hídricos e climáticos, laudo da qualidade da água existente nessas microregiões, planificação contextual do regime potencial anual das águas;

b. Ordenamento das principais atividades extrativistas de produção e processamento frutícolas executadas atualmente (Zoneamento Frutícola e Agroindustrial), facilitando, desta forma, a prospecção e o incremento potenciais das inovações tecnológicas propostas no projeto para o setor agrícola, agroindustrial familiar e agroempresarial das comunidades trabalhadas;

c. Possibilitar ao produtor local o incremento do grau de tecnificação em pré-colheita, na colheita e em pós-colheita, viabilizando desta forma a diminuição do desperdício, a agregação de valor ao produto final, desenvolvimento de novos e promissores produtos, a abertura de mercados comerciais nacionais e internacionais e, sobretudo a profissionalização do produtor familiar.

d. Estabelecer, através de ações governamentais, a proposição de mais três (03) canais de escoamento da produção de produtos in natura e processados, permitindo a comercialização, principalmente, com os mercados potenciais Caribenho, Europeu e Norte – Americano;

e. Incremento exponencial do potencial tecnológico do setor produtivo trabalhado, possibilitando desta forma a adequação nos processos de produção, processamento e comercialização frente às exigências mercadológicas dos principais canais de escoamento, ou seja, o mercado Sul-Brasileiro e o mercado internacional; e,

f. Aumento do nível de instrução e poder de decisão dos produtores rurais e agroempresários do setor frutícola, acompanhados nas microregiões estabelecidas.

Indicadores de resultados

a. Consulta à base de dados públicos e privados a respeito da situação agrícola atual de cada município, através do levantamento das condições sociais e econômicas da região. Estabelecer dentro Estado, mais precisamente dentro dos 15 municípios trabalhados, 15 (quinze) microregiões demonstrativas, nas quais serão desenvolvidos os estudos humanísticos, pedológicos em escala 1:100.000, levantamento dos recursos hídricos existentes, através da quantidade e qualidade da água existente e, sobretudo, o estudo do regime potencial dessas águas e, inventariação das espécies frutícolas existentes;

b. Detalhamento das dez principais atividades extrativistas de produção e cinco de processamento, de modo que se tenha uma planificação precisa a despeito dessas atividades a serem desenvolvidas;

c. Através do estudo e caracterização das atividades extrativistas de produção e de processamento, elencar e descrever as principais tecnologias empregadas nesses setores e, sobretudo, elaborar a proposição de elevação em 50% frente ao grau de tecnificação tanto em produção quanto no processamento da matéria-prima, elevar em 100% a padronização, classificação e, a segmentação mercadológica;

d. Descrever, caracterizar e estudar os cinco principais canais atuais de escoamento da produção de produtos in natura, processados nas microregiões a serem trabalhadas em cada município;

e. Estabelecimento de, pelo menos, dez pacotes tecnológicos em pré e cinco em pós-colheita, inclusive com a prospecção da criação de não menos do que três novos produtos através do processamento da matéria-prima;

f. Execução de vinte cursos de capacitação e extensão para as comunidades trabalhadas nas áreas de conservação e manejo de solos e água, manejo sustentável dos recursos naturais disponíveis, agricultura ecológica (reciclagem e aproveitamento de resíduos, manejo orgânico de pragas e doenças, compostagem, produção de compostos orgânicos), aproveitamento de fibras naturais no artesanato, aproveitamento alternativo de recursos naturais extrativistas, aproveitamento alternativo da energia solar, colheita e pós-colheita de produtos hortícolas, processamento de alimentos, desenvolvimento de embalagens, gestão dos pequenos agronegócios no Estado de Roraima.

Ações previstas para o biênio 2005/2006

a. Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Roraima, envolvendo o estudo pormenorizado da questão humanística, pedológica, hidrológica, meteorológica e, principalmente, da fruticultura como um todo;

b. Estudo e pesquisa das atuais atividades extrativistas, de produção e processamento, englobando as atividades frutícolas de um modo global;

c. Prospecção e caracterização do setor frutícola frente às inovações tecnológicas no setor agrícola, agroindustrial familiar e, agroempresarial de pequeno

porte, levando em consideração os diversos segmentos sociais (áreas de assentamento e comunidades indígenas), visando, sobretudo, ao mercado local, Manaus/AM, Sul-brasileiro, Caribenho, Europeu e Norte-americano, segmentando, desta forma, os mercados consumidores;

d. Caracterização das relações comerciais locais e internacionais para com estes mercados potenciais;

e. Estudo, desenvolvimento e criação de pacotes tecnológicos em pré e pós-colheita, contemplando os seguintes temas: controle de qualidade da matéria-prima em pré-colheita; caracterização do ponto de colheita; manutenção da conservabilidade em pós-colheita através da utilização de embalagens flexíveis e desenvolvimento de técnicas de processamento, possibilitando, além do incremento da qualidade final e do aumento da vida útil pós-colheita dos frutos, a agregação de valor final ao produto;

f. Impulso ao desenvolvimento rural familiar de forma integrada e sustentável através de cursos de capacitação e de difusão de tecnologias, desenvolvendo, fortalecendo e consolidando, assim, o setor agroindustrial e agroempresarial de pequena e microescala no Estado de Roraima.

Bibliografia

http://www.abanorte.com.br/fruticultura acessada em agosto de 2005.

http://www.ada.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.bndes.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.cdpara.pa.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.ceagesp.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.cna.org.br acessada em agosto de 2005.

http://www.codevasf.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.embrapa.br acessada em agosto de 2005.

http://www.frutal.org.br acessada em agosto de 2005.

http://www.ibge.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.ibraf.org.br acessada em agosto de 2005.

http://www.suframa.gov.br acessada em agosto de 2005.

http://www.todafruta.com.br acessada em agosto de 2005.

http://www.ufpel.tche.br/sbfruti acessada em agosto de 2005.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 129-135 **ISSN 1809-4791**

Irradiadores de Raios X – uma Ferramenta de Desenvolvimento Regional

Guido Nunes Lopes[1]

Raio X é radiação eletromagnética correspondente ao intervalo de energia de alguns eV até 100 keV aproximadamente. As possíveis formas de produção de raios X ocorrem no átomo por transições eletrônicas na eletrosfera e/ou *bremsstrahlung*. Também ocorre indiretamente no núcleo atônico via captura eletrônica e/ou conversão interna, ou em decaimento alfa.

Faz-se necessário o uso de modelos quânticos para interpretar a fenomenologia atônica e nuclear, bem como a teoria eletromagnética da radiação.

Dos 92 átomos naturais conhecidos, com suas múltiplas abundâncias isotópicas, na totalidade, são constituídos de um núcleo estável e uma eletrosfera.

Os núcleos são regiões mais densas dos átomos e podem ser tanto estáveis quanto instáveis.

Os núcleos naturais estáveis ou nuclídeos apresentam dimensões espaciais ("diâmetros") de 10^{-14} a 10^{-15} m. Para obter informações dessas estruturas, bombardeia-se com partículas e estuda-se o espalhamento resultante. Entretanto, é obrigatório, experimentalmente, que o comprimento de onda associada à partícula seja menor que as dimensões nucleares em estudo.

A densidade nuclear não dependente do número bariônico é, praticamente, constante em todo o núcleo e cai abruptamente na borda – por isso os núcleos também são chamados de caroços.

Há núcleos naturais instáveis, também chamados de radionuclídeos, quer sejam estruturais pela fragmentação espontânea do núcleo (emissão de partículas alfas ou fissão) ou via decaimento que modifica a carga eletrônica de uma unidade com a emissão ou absorção simultânea de um elétron (desintegração beta ou captura eletrônica).

Há, também, a produção artificial da instabilidade nuclear por inúmeros métodos, por exemplo: irradiação do ^{238}U por nêutrons produz ^{239}Np; irradiação do ^{238}U por dêuterons produz ^{238}Pu; irradiação do ^{239}Pu por nêutrons produz ^{241}Am; bombardeamento do ^{239}Pu por partículas alfa produz ^{242}Cm, explosão termonuclear produz ^{253}Es; bombardeamento do ^{246}Cm por núcleo de cloro produz ^{254}No; bombardeamento do ^{249}Cf por íons $^{15}N^{+7}$ produz ^{260}Ha, entre outros processos.

A parte externa ao núcleo atômico, mas ainda pertencente ao átomo, é chamada de eletrosfera.

(1) Doutor em Ciências pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, membro titular fundador da Academia Roraimense de Ciências, docente do Departamento de Solos e Irrigação do Centro de Ciências Agrárias da UFRR

A eletrosfera é uma região de densidade de probabilidade de se encontrar elétrons, distribuídos em camadas, K, L, M, N e etc., segundo critérios de minimização de energia e agrupamento dos elétrons nas camadas. A camada mais próxima ao núcleo é, esfericamente, simétrica, mas as demais apresentam distribuições espaciais de densidade de probabilidades complexas, podendo, assim, serem associadas a subcamadas.

Para um dado número quântico principal, n, a subcamada externa com o menor valor do número quântico azimutal, *l*, tem a menor energia. E a cada *l*, a subcamada externa com o menor n tem a menor energia. No estado fundamental, os elétrons devem preencher todas as subcamadas de modo a minimizar a energia total do átomo, porém não excedendo a capacidade $2(2l+1)$ da subcamada.

Como há interação spin-órbita, os momentos angular orbital e de spin, L e S, respectivamente, de um elétron atônico são dependentes. Como conseqüência, há um campo magnético interno, cuja orientação é dada por L, que atua sobre o elétron e produz um torque sobre seu momento de dipolo magnético de spin, cuja orientação é dada por S. O campo magnético interno é conseqüência do momento angular orbital do elétron de um átomo. A interação spin-órbita é relativamente fraca para Z=1, mas razoavelmente forte para Z>1 e é, em parte, responsável pela estrutura fina dos estados excitados dos átomos.

Há também a interação spin-órbita de origem nuclear. Essa é forte a ponto de governar as propriedades periódicas dos núcleos.

A tabela periódica nuclear é, quimicamente, relacionada com a tabela periódica atômica, pois um particular elemento químico pode ter vários isótopos e o percentual de ocorrência natural é a abundância isotópica. A diversidade isotópica é decorrente da existência de vários números bariônicos, possíveis, para a mesma carga elétrica Z do núcleo. A carga nuclear, Z, fornece informações sobre a estrutura eletrônica e das propriedades químicas do átomo correspondente.

Se existem elétrons na eletrosfera, é possível um processo eletromagnético de desexcitação nuclear, conhecido como conversão interna, no qual a perda de energia da excitação se faz pela transferência direta da energia do núcleo a um dos elétrons na eletrosfera. Subseqüentemente, o elétron é ejetado do átomo com energia cinética igual à diferença entre os estados nucleares inicial e final, menos a energia de ligação eletrônica que o elétron possuía na camada ou subcamada da eletrosfera específica que ocupava. A probabilidade de decaimento de um estado nuclear excitado via conversão interna aumenta o valor da constante de decaimento do estado nuclear à medida que outras possibilidades de desexcitação são abertas.

No decaimento tipo captura eletrônica, um elétron atômico é absorvido pelo próprio núcleo com emissão simultânea de um neutrino. O elétron atômico mais provável de ser capturado é o da camada esférica K, em decorrência da proximidade com o núcleo. Há dois processos secundários e subseqüentes, mais prováveis, que é a emissão de raio X característico pelo preenchimento da vacância na eletrosfera ou pela emissão de elétrons Åuger.

Segundo a teoria eletromagnética, partículas carregadas emitem radiação quando aceleradas ou desaceleradas. O espectro de emissão resultante é uma banda larga de vários comprimentos de ondas, construída pelo coletivo da emissão individual da partícula, cuja intensidade da radiação apresenta uma distribuição angular na forma de duas "pétalas" antiparalelas. Macroscopicamente, a emissão é na forma cônica, porém se a velocidade tangencial da partícula carregada for comparada à veloci-

dade da luz, a abertura angular do cone tende a zero, conseqüentemente a emissão da radiação será intensa e em uma única direção.

Vamos explorar alguns experimentos nos quais está envolvida a produção de raios X. Conhecer essas tecnologias de produção de radiação é de interesse para a construção de irradiador de raios X.[1]

Raios X são principalmente produzidos pela interação de feixes de partículas carregadas, tais como elétrons, prótons, $^{4}He^{++}$, íons pesados entre outras partículas com alvos metálicos via ionização das camadas atômicas mais internas.

Quando um feixe de elétrons é bloqueado por um alvo metálico, são emitidos raios X, produzidos pela interação do elétron no feixe com o elétron atômico ou com o núcleo atômico do alvo.

Quando um feixe de elétrons é desacelerado pela ação do campo *Coulombiano* por núcleos atômicos, é produzida uma banda contínua de radiação, chamada de *bremsstrahlung*. Ao mesmo tempo, pacotes quase-monoenergéticos de energia discreta são emitidos em decorrência das transições eletrônicas permitidas das diferentes camadas atômicas. As regras de seleção para a variação dos números quânticos da vacância são: $\Delta l = \pm 1$ e $\Delta j = 0, \pm 1$. Raios X produzidos por transições eletrônicas permitidas de diferentes camadas atômicas, tanto as mais internas como as mais externas, são chamados característicos porque identificam os átomos nas quais ocorrem as transições.

Raios X característicos do nuclídeo-filho são produzidos em decaimentos radiativos por captura eletrônica. Em um decaimento nuclear, o processo de captura eletrônica pode ser representado por: nuclídeo-pai Z decai para o nuclídeo-filho Z-1 + neutrino + energia de excitação do nuclídeo-filho. Deste modo, o preenchimento de uma vacância de uma camada nuclear interna produzida pela captura eletrônica resulta na produção de raio X característico do nuclídeo-filho. Exemplo desse processo é o decaimento do ferro-55:

$$^{29}_{26}Fe^{55} \quad ^{30}_{25}Mn^{55} + 5{,}9 \text{ keV } K_{1}$$

(Raio X do Manganês)

Outro mecanismo de produção de raio X por processo nuclear é a conversão interna de energia, na qual ocorre, como uma alternativa, a emissão de raio gama de baixa energia. Usualmente, quando um nuclídeo é formado em um estado excitado, este decai ao estado fundamental por um processo radiativo produzindo radiação gama. Um mecanismo alternativo de relaxação nuclear, de menor probabilidade, é a ejeção de um elétron orbital do átomo. Esta conversão interna de energia cria uma vacância nas camadas mais internas do núcleo e o preenchimento dessa vacância produz raio X característico do nuclídeo. Exemplo desse processo é o decaimento do césio-137:

$$^{82}_{55}Cs^{137} \quad ^{81}_{56}Ba^{137} + 32{,}2 \text{ keV L}$$

(Raio X do Bário)

Outro mecanismo nuclear de produção de raio X é via decaimento alfa, são exemplos

$$^{94}_{144}Pu^{238} \quad ^{92}_{142}U^{234} \quad ^{2}_{2} \quad ^{4} \quad 43{,}5 \text{ keV}$$

(linhas Ls) e

$$^{95}_{146}Am^{241} \quad ^{93}_{144}Np^{237} \quad ^{2}_{2} \quad + 59{,}6 \text{ e } 26{,}3 \text{ keV}$$

(linhas Ls).

O decaimento nuclear é um fenômeno complexo, podendo ocorrer mecanismo de decaimento concomitante, mas com probabilidade distinta ou seqüenciada em uma cadeia de decaimentos.

Quando há decaimento beta, a aceleração ou desaceleração das partículas betas no campo *Coulombiano* do núcleo resulta também na produção de raio X contínuo de baixa intensidade.

Raios X interagem com o meio material via efeito fotoelétrico e sucessivas emissões de raio X característico do meio. São também espalhados e perdem energia via efeito *Compton*.

Modificações de estado de valência na eletrosfera atômica alteram o espectro de emissão dos raios X característicos[2].

Quando um fóton ou uma partícula carregada tem energia suficiente para interagir com elétrons das camadas mais internas, estes elétrons podem ser ejetados, gerando uma vacância na eletrosfera. Por considerações de energia mínima, o átomo pode relaxar por emissão de um elétron *Åuger* ou a transferência da vacância pode ocorrer para uma subcamada na eletrosfera via uma transição não radiativa tipo *Coster-Kronig*[3].

A probabilidade da vacância de uma camada mais interna ser preenchida por elétrons provenientes de camadas mais externas e produzir um raio X característico é chamada de eficiência da fluorescência da camada mais interna[4].

A tecnologia de fabricação de irradiadores quer seja com fonte radioativa selada (^{60}Co, ^{241}Am, ^{137}Cs etc.), feixe de elétrons (*bending magnet*, *winggler* e *undulator*) ou raio X *bremsstrahlung* (x-ray tube e rotated x-ray tube) é consolidada desde a década de 1980.

Particularmente, no Amazonas, Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, a tecnologia de irradiação encontra-se em uso, quer seja comercialmente ou em centro de pesquisa.

Em Cotia/SP, está a Empresa Brasileira de Radiações (EMBRARAD), pioneira na América do Sul no uso da radiação gama em escala comercial, que presta serviços, desde 1980, nas áreas de tecnologia de alimentos, segurança alimentar, esterilização de materiais médicos e hospitalares, farmacêuticos, fitoterápicos, cosméticos e turfa, ativação de cintilação em gemas, entre outras aplicações, como exemplo de setor industrial em franca expansão.

Para que o Estado de Roraima venha a desenvolver-se, é indispensável investir na agregação de valor aos bens produzidos via uso de tecnologia; a implantação de um irradiador semi-industrial vem atender aos setores vocacionais de desenvolvimento do estado, a saber: agroindústria, mineração e indústria turísticas.

O tratamento de alimentos, através da radiação gama para redução de contagem microbiana e preservação, já é um método conhecido e aprovado pela legislação brasileira, desde 1985, e, através da Resolução RDC n.º 21 de 26 de janeiro de 2001, a lei foi revisada e ampliada pelo Ministério da Saúde – ANVISA.

A irradiação de alimentos vem sendo estudada há mais de 50 anos, e, hoje, já se pode afirmar a eficiência do processo de irradiação em diversos alimentos, alguns exemplos são: especiarias, condimentos, ervas, chás, carnes, frangos, peixes e uma vasta variedade de frutas, vegetais e tubérculos.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) está disposta a financiar projeto de construção de irradiadores de alimentos nos países em desenvolvimento. Cada instalação radiativa tem custo total que varia entre US$ 3 a 5 milhões.

Segundo o Comitê Misto de Especialista em Segurança Alimentar da Organização Mundial das Nações Unidas para Agricultura (FAO) e da Organização Mundial de Saúde (WHO), as doenças oriundas de alimentos contaminados são “talvez o maior problema de saúde do mundo contemporâneo e constituem um importante fator de redução da atividade econômica”. Além da preocupação com a contaminação mi-

crobiana, também aumentam as exigências mundiais de qualidade dos alimentos. Assim, os problemas com armazenamento, transporte e processamento de alimentos exigem a busca de métodos alternativos de preservação.

A FAO estima que de um quarto a um terço da produção mundial de alimentos é perdida devido a pragas, insetos, bactérias, fungos e enzimas que comem, estragam ou destroem as colheitas. É incalculável a magnitude da perda econômica associada a doenças originárias de alimentos e à rejeição de alimentos contaminados por parasitas e microorganismos patogénicos. Métodos novos e efetivos, como a irradiação, são necessários para aumentar a oferta de alimentos sadios e seguros para uma população mundial em expansão.

Pensando localmente, a agropecuária é o setor econômico que mais cresce em Roraima, tendo sua participação no PIB passado de 2% para 4,5%, entre 1998 e 2001, contata-se que, em 2003/2004, essa participação foi de 15%. Dentre as principais atividades agropecuárias, destaca-se a produção de arroz e soja, principalmente o cultivado de forma irrigada.

Em 2000, a cultura de arroz respondia por praticamente 80% da produção agrícola do Estado e por 3,5% de seu PIB total, gerando uma renda de 38,8 milhões de reais naquele ano. Já em 2003/2004, com o aumento da área cultivada (38%), da produtividade média (13%) e com a melhora dos preços internos do produto (uma saca de 50 kg valia menos de R$ 15,00, em 2001, e cerca de R$ 40,00 em 2003), o valor da produção de arroz em casca do Estado deverá gerar uma renda superior a 200 milhões de reais, ou seja, mais de 15% do seu PIB, se irradiada.

Em relação à atividade arrozeira, é importante salientar que cerca de 80% da área total de plantio de arroz irrigado do Estado é, hoje, cultivada dentro do perímetro demarcado para a Terra Indígena Raposa/Serra do Sol. Este local de plantio, de aproximadamente 16 mil hectares, apresenta condições climáticas e de solo privilegiadas, que permitem a colheita de até três safras por ano.

Nas áreas altas ou de sequeiro dos lavrados, a cultura da soja tem se expandido rapidamente. Em 2000, a produção foi 2.220 toneladas e, em 2003, foi de 15.356 toneladas, ou seja, um crescimento de quase 600% no período. Estima-se que, para 2006, a safra seja três vezes maior que a 2003 ou 46.000 toneladas.

Cultivos mais antigos da leguminosa têm obtido médias de produtividade comparáveis às das melhores regiões do país. Porém, produtos agrícolas armazenados são atacados por pragas, dos quais se destacam os roedores, os insetos e os ácaros, que causam prejuízo financeiro. Todos os esforços para a redução desse efeito são estimulados e bem vindos.

Segundo levantamento da FAO, as perdas das produções agrícolas são estimadas em 10 %, porém, no Brasil, esse percentual eleva-se para 20% em decorrência de precárias condições de armazenamento no meio rural. Em Roraima, trabalha-se com estivas de 35%, ou seja, 16.000 toneladas de perda!

Didaticamente, os produtos agrícolas, quando armazenados, classificam-se, em função do tempo de armazenamento, em *deterioráveis*, que danificam-se com mais lentidão, e *perecíveis*, que estragam rapidamente.

As pragas dos produtos agrícolas podem ser classificadas em função de seus hábitos alimentares em três grupos:

- ***Primárias***, quando os insetos atacam os grãos íntegros e sadios. Se possuem "mandíbulas desenvolvidas", são chamadas de pragas primárias internas, e completam seu ciclo evolutivo no interior do grão. As demais são chamadas de pragas primárias externas.

- ***Secundárias***, quando os insetos não conseguem atacar grãos íntegros e sadios, mas atacam quaisquer grãos já danificados. Essas pragas infestam "quase" todos os tipos de grãos armazenados, principalmente seus derivados, como farinhas, farelos, fubás e rações.
- ***Associadas***, quando os insetos não atacam grãos, alimentam-se somente de fungos que desenvolvem-se nos grãos e de detritos em geral.

As pragas dos produtos agrícolas armazenados estão agrupadas nas ordens Coleóptera (são os besouros, tais como os gorgulhos, carunchos etc.) e Lepidóptera (são as diversas traças, tais como mariposas etc.).

Ressalte-se que, próximo a essas regiões produtoras do Estado, há um mercado apto a consumir. A distâncias inferiores a 780 km por vias já implantadas, há cerca de 5,6 milhões de consumidores: 3 milhões no Sul da Venezuela, 800 mil na Guiana, 300 mil em Roraima e 1,5 milhão em Manaus. E um dos benefícios da irradiação é aumentar o tempo de prateleira dos produtos irradiados, o que viabilizaria o transporte e o armazenamento, principalmente na entressafra.

Com relação à mineração, o Estado de Roraima possui potencial mineral, mas estima-se que cerca de 90% das áreas de ocorrências, encontram-se em áreas indígenas, pretendidas pela FUNAI, ou destinadas a parques florestais ou reservas ecológicas, pretendidas pelo IBAMA.

Historicamente, Roraima já se destacou pela extração de ouro e diamante, que inclusive chegou a exportar, mas era uma exploração limitada a garimpos. Apesar de haver potencial identificado para o extrativismo mineral, a participação desta atividade no PIB de Roraima é insignificante.

As regiões mais promissoras para exploração mineral de ouro, cassiterita, barita, diamante, ametista, cobre, titânio, tório e nióbio/tântalo estão contidas a Oeste, na Terra Indígena Yanomami, e as mais promissoras para diamante, zinco, cobre, ametista, molibdênio, calcário e barita estão a Leste, na Terra Indígena Raposa/Serra do Sol.

Entretanto, por não haver regulamentação para a exploração mineral em terras indígenas, está impossibilitada a utilização destes recursos como função econômica importante no Estado. 10% das áreas de ocorrência restantes estão no Centro e Sul do Estado.

As explorações de recursos minerais estão a reclamar posicionamentos políticos no sentido de instalar e fazer crescer o gênero industrial da mineração no Estado de Roraima.

A tecnologia de irradiação possibilita agregação de valor às gemas pela indução da cintilação aos centros de cores nas redes cristalinas dos minerais, o que a natureza levaria centenas de anos, a irradiação gama o faz em minutos.

A tecnologia de irradiação pode beneficiar a indústria do turismo indiretamente.

Todo artesanato para ser exportado deve ser livre de contaminante, principalmente para o mercado exterior, por exigências sanitárias ou de controle de qualidade, visto que a matéria-prima utilizada no artesanato são produtos naturais de origem animal, vegetal ou mineral.

A esterilização dessa matéria-prima também prolonga a vida útil das peças, principalmente as cestarias, biojóias, marchetaria, entalhos, plumagens etc. A eliminação de fungos e demais microorganismos não só confere um "melhor visual" às peças, como também evita possíveis contaminações dos usuários.

Irradiadores são indispensáveis ferramentas de desenvolvimento regional, principalmente se forem equipamentos de raios X, pois apresentam a vantagem de não utilizar material radiativo e, se "desligados da tomada", não imi-

tem radiação alguma. É de custo de instalação menor se comparados com os irradiadores com fonte radiativa selada. Portanto, vislumbram-se possibilidades concretas de elevação sensível da renda do Estado de Roraima com o estímulo à produção agropecuária, agroindústrial, de mineração e indústria turística, desde que associado a um processo de agregação de valor como o uso da irradiação com raios X.

Referências

1. Cesareo, R. *La Revista del Nuovo Cimento*. 23(7), 44-73, 2000.

2. Sumbaev, O.I., *Sov. Phys. JETP (Engl. Transl.)*, 20, 927, 1970.

3. Bambynek, W.; Cravemann. B.; Fink, R.; Freund, H.U.; Mark, H. Swift, C.D.; Price, R.E. e Rao, P.V. *Rev.Mod. Phys.*, 44, 716, 1972.

4. Dyson, N.A. *Phys. Med. Biol.*, 20, 1-29, 1975.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 137-138 **ISSN 1809-4791**

Utilização do Mesocarpo de Babaçu para a Adsorção de Rodamina B

Carlos Ramon Franco e
Robson Fernandes de Farias[(1)]

Introdução

A palmeira de babaçu é uma planta nativa do Brasil e que ocorre em diversas áreas no país. O nome babaçu é derivado da língua Tupi (*uauaçu*) e significa palmeira grande. Cientificamente, a palmeira de babaçu pertence à família das *Palmae* e pode integrar dois gêneros distintos: *Orbignya* e *Attalea*. Esses dois gêneros se encontram espalhados em diversas áreas no Brasil, e estão associados a dois tipos de vegetação distintos: floresta pré-amazônica e o cerrado. A Tabela 1 apresenta a distribuição desses dois gêneros no território nacional:

Tabela 1. Distribuição das palmeiras de babaçu, por gênero, em todo o território nacional.

Espécie	Estados
Palmae Orbignya	Maranhão, Piauí, Pará, Mato Grosso e Tocantins
Palmae Attalea	Goiás, Minas Gerais e Bahia

O fruto do babaçu é constituído, fundamentalmente, de quatro partes, como mostra a Figura 1: o epicarpo (camada mais externa); o mesocarpo (camada intermediária – constituída basicamente de amido); o endocarpo (camada interna lenhosa) e a amêndoa (localizadas dentro do endocarpo).

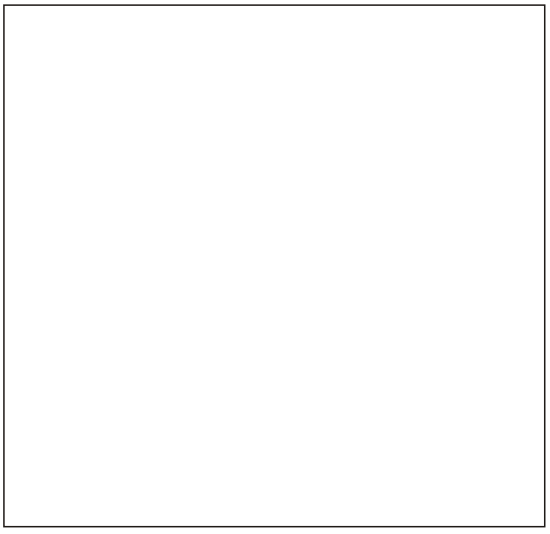


Figura 1. Constituição fundamental do coco babaçu: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa.

A composição física do fruto, de acordo com as partes aproveitáveis (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa), está disposta na Tabela 2, assim como as características físico-químicas de cada constituinte, no que se refere a voláteis, carbono fixo, cinzas, poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) e umidade.

(1) Departamento de Química, Universidade Federal de Roraima. Cx. Postal 167, 69301-970 Boa Vista, RR. E-mail:robsonfarias@pesquisador.cnpq.br

Tabela 2. Características Físico-químicas e composição física das partes que compõem o coco babaçu.

Características Físico-químicas	Epicarpo	Mesocarpo	Endocarpo	Amêndoa
Voláteis	88,16%	94,62%	83,40%	93,78%
Carbono Fixo	9,62%	4,66%	15,16%	4,73%
Cinzas	*2,22%*	*0,88%*	*1,71%*	*1,69%*
PCS [kJ/kg]	21.724	15,522	22.698	-
PCI [kJ/kg	21.470	15,177	22.414	-
Umidade	*11,3%*	*15,3%*	*12,6%*	-
Composição Física	*11%*	*23%*	*59%*	*7%*

Por sua vez, a remoção de corantes, quer alimentícios, quer industriais (indústria têxtil, por exemplo), de amostras aquosas constitui-se em tema dos mais significativos, tendo-se em vista a necessidade de purificação dos efluentes, quer domésticos, quer industriais.

No presente trabalho, reporta-se o uso do mesocarpo de babaçu à remoção de corante, especificamente a rodamina-B, a qual tem sido empregada, por exemplo, como um corante colorimétrico para a determinação de cádmio e como corante para laser.

Parte experimental

Soluções aquosas de rodamina-B com concentrações na faixa de 10^{-5} a 10^{-7} mol dm^{-3} foram preparadas. Massas de 0.0400 0,0005 g de mesocarpo de babaçu foram, então, dispersas em 25,0 cm^3 de cada uma das soluções previamente preparadas, sendo o tempo de contato de 72 h. Promoveu-se, então, a leitura das soluções, em 540 (?) nm, em espectrofotômetro UV-VIS FEMTO 600.

Resultados e discussões

Como resultado geral, verifica-se que o mesocarpo de babaçu atua como um adsorvente bastante efetivo no que diz respeito à remoção (adsorção) de rodamina B em soluções aquosas, podendo-se inferir que resultados similares possam ser obtidos para outros corantes. Os resultados obtidos encontram-se resumidos na Tabela 3.

Tabela 3. Concentrações inicial (C_i), final (C_f) e diminuição percentual da concentração (%) para a adsorção de rodamina B em mesocerpo de babaçu (soluções aquosas).

Ci/ mol dm-1	C_f/ mol dm	%
1,7 x 10^{-5}	1.6 x 10^{-5}	5,9
1,4 x 10^{-5}	1,3 x 10^{-5}	7,1
9,9 x 10^{-6}	4.9 x 10^{-6}	50,5
2,3 x 10^{-6}	4.6 x 10^{-7}	80,0
2.2 x 10^{-7}	1.5 x 10^{-7}	31,8

/ % = [C_i-C_f/ C_i] x 100

Conforme pode ser constatado analisando-se os dados da Tabela 1, diminuições de até 80% da concentração de rodamina B podem ser obtidas, demonstrando a grande eficiência do mesocarpo de babaçu como adorvente para corantes. O resultado aparentemente discrepante observado para a concentração inicial de 2.2 x 10^{-7} mol dm^{-3}, para a qual verifica-se menor diminuição do valor de concentração do corante, em comparação com as duas concentrações imediatamente superiores, pode ser atribuído à dissolução de parte do mesocarpo, fato que foi verificado durante os experimentos.

Estão, atualmente, em curso investigações relativas à adsorção de corantes alimentícios, bem como à adsorção em misturas água-etanol.

Mens Agitat
Volume I, número 2, 2006, p. 139-140 **ISSN 1809-4791**

Estresse da Drenagem Urbana de Boa Vista: Relação com Inundações/ Alagamentos e Providências Exeqüíveis

José Augusto Vieira Costa[(1)]

Uma bacia hidrográfica é uma unidade da paisagem limitada por divisores topográficos e freáticos possuindo canais que permitem o fluxo das águas pluviais e subterrâneas e que guardam características específicas por onde escoam.

Atualmente a sede do município de Boa Vista está limitada a leste pelo rio Branco, a norte pelo rio Cauamé, a oeste pelo igarapé Caranã e ao sul pela sub-bacia do igarapé Grande (Figura 1).

Drenagens menores como os igarapés Mirandinha, Caxangá e Pricumã se situam internos à zona urbana e escoam de noroeste para sudeste desaguando no rio Branco, enquanto que o igarapé Macuxi (igarapé do frasco) escoam de sul para norte e deságua no rio Cauamé.

As cabeceiras do igarapé Caranã e sub-bacia do igarapé Grande tem como característica uma área plana ligeiramente abaciada, onde nas zonas mais abatidas ocorrem lagos temporários (secam no período de maior estiagem) e lagos perenes (os quais tem essa característica por serem alimentados também pelas águas do nível freático (surgências de água subterrânea). Esses lagos se unem a outros através de suaves canais e são os principais alimentadores dos igarapés urbanos. Nesse sentido, os pequenos lagos "lagoas", a princípio, quando do período chuvoso, juntamente com as áreas ligeiramente abaciadas funcionam como canais receptores de águas pluviais, minimizando efeitos de inundações/alagamentos. Entretanto, na continuidade do período chuvoso, o solo se satura pela elevação do nível da água subterrânea. Nesse momento, as águas pluviais se somam aquelas águas e então essas áreas que funcionavam como coletores, tem sua capacidade de fluxo máximo extrapolada ao longo da calha natural de escoamento. Nesse momento, passam a transbordar e alimentar de forma violenta os igarapés urbanos que além de escoarem a carga fluvial, também passam a escoar a carga pluvial e subterrânea em nível muito mais elevado. Outro bom exemplo dessa dinâmica, é o sistema do lago do Parque Anauá alimentando o igarapé Mirandinha, onde sistematicamente, todos os anos temos alagamentos na avenida Eduardo Gomes. Diante do Exposto, na tentativa de evitar o estresse dos igarapés urbanos na sua tarefa de escoar todo esse sistema hídrico sem que haja inundações e conseqüentemente alagamentos das vias urbanas e mesmos bairros inteiros, algumas providências devem ser adotadas para controle de inundações e alagamentos a exemplo de:

(1) Dpto. de Geologia-UFRR, Av. Cap. Ene Garcez, 2413, Bairro Aeroporto, Boa Vista, RR. E-mail: vieira@dgl.ufrr.br

1. Identificar as zonas com problemas de escoamento da drenagem natural;
2. Realizar dragagens periódicas para alargamento, desassoreamento e retificação dos canais naturais mantendo-os limpos;
3. Realizar obras para o controle de erosão dos taludes dos igarapés sem impermeabilizá-los;
4. Identificar ligações clandestinas de esgotos na rede fluvial que contribuem significativamente para a poluição dos mananciais;
5. Preservar e monitorar o sistema lacustre, evitando o seu assoreamento por processos naturais e antrópicos;
6. Estabelecer a obrigatoriedade da microdrenagem para a implantação de loteamentos e abertura de ruas, e
7. Coibir a ocupação irregular em áreas de risco e proximidades das margens dos igarapés e lagos (áreas de preservação permanente).

Enumeramos ainda aos tomadores de decisão que, ações no sentido do estabelecimento de parcerias com instituições que tratem da qualidade ambiental no sentido da implantação de pesquisas e projetos de monitoramento da qualidade dos igarapés urbanos, bem como a implantação de cursos específicos na área de Educação Ambiental, principalmente nos bairros os quais esses igarapés serpenteiam, a exemplo daqueles do setor sul-sudeste da cidade, buscando conscientizar a população residente a evitar a disposição de resíduos sólidos/tó-

Figura 1. Sede do Município de Boa Vista. Rede de drenagem urbana.

xicos na rede fluvial, certamente minimizará os efeitos do período chuvoso do Boavistense, na área ambiental e de saúde, com conseqüente economia para os cofres públicos.