

# PROPRIEDADES FÍSICAS E TOXICIDADE DA FARINHA DO RESÍDUO DE SEMENTES DE CAROLINA

*Physical properties and toxicity of the flour of carolina seeds residue*

## Resumo:

A descoberta de novas fontes de matéria-primas alimentícias oriundas de resíduos agrícolas vem sendo contemplada cada vez mais com estudos tendo em vista a necessidade de se dar destino adequado aos descartes e por constituir materiais com grande potencial econômico. Os resíduos de uma extração gerados no processamento de matérias-primas geralmente tem granulometria maior que o objeto da extração e muitas vezes contém nutrientes importantes. Objetivou-se com este estudo avaliar as propriedades físicas e a toxicidade da farinha do resíduo de sementes de Carolina. Para análise de toxicidade foi utilizado o método do bioensaio sob método da *Artemia salina*, por meio de incubação, exposição e contagem. Para a caracterização da farinha do resíduo as análises físicas foram realizadas em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros: densidade aparente; densidade aparente compactada; solubilidade; molhabilidade; tempo de escoamento e ângulo de repouso. Os resultados foram submetidos a tratamento estatístico utilizando o Probit, o qual forneceu os valores de DL50. Em suma a farinha do resíduo das sementes de Carolina não apresentou toxicidade frente a *A. salina*. A dose estímulo apresentou coeficiente de variação de 0,99%, indicando um bom ajuste dos dados em estudo. Constatou-se para as propriedades físicas boa solubilidade, baixa molhabilidade, rápido tempo de escoamento e baixo ângulo de repouso, o que garante boa fluidez.

## Abstract:

The discovery of new sources of food raw materials from agricultural residues has been increasingly considered with studies in view of the need to give proper destination to discards and to constitute materials with great economic potential. Extraction residues generated in the processing of raw materials generally have larger particle size than the object of extraction and often contain important nutrients. The objective of this study was to evaluate the physical properties and the toxicity of the flour of the residue of Carolina seeds. For toxicity analysis, the *Artemia salina* method of bioassay was used by means of incubation, exposure and counting. For characterization of the residue meal, the physical analyzes were performed in triplicate for the following parameters: apparent density; bulk density; solubility; wettability; runoff time and angle of repose. The results were submitted to statistical treatment using Probit, which provided the LD50 values. In summary, the residue meal of the Carolina seeds showed no toxicity against *A. salina*. The stimuli dose presented coefficient of variation of 0.99%, indicating a good adjustment of the data under study. Good solubility, low wettability, fast flow time and low resting angle were observed for the physical properties, which guarantees good fluidity.



**Raphaela Maceió da Silva<sup>1</sup>,  
Karoline Thays Andrade Araújo<sup>1</sup>,  
Francislaine Suelia Santos<sup>1</sup>,  
Alexandre José de Melo  
Queiroz<sup>1</sup>, Rossana Maria Feitosa  
de Figueirêdo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande,  
E-mail: maceio\_silva@hotmail.com

Contato principal

**Raphaela Maceió Silva<sup>1</sup>**



**Palavras chave:** *Adenanthera pavonina L.,  
Artemia salina, Fluidez, Subproduto.*

**Keywords:** *Adenanthera pavonina L., Artemia  
salina, Fluidity, Subproduct.*



## INTRODUÇÃO

O Brasil possui em seu território a maior biodiversidade do planeta, incluindo espécies nativas e exóticas, cuja importância é cada vez mais reconhecida como elemento fundamental para o bem estar da humanidade e equilíbrio ambiental. A geração de benefícios econômicos que a biodiversidade engloba, tem sido valorizado pelos meios acadêmicos e industrial, como fonte de matéria-prima para a medicina e diversos setores da indústria, como o farmacêutico, alimentício, químico, de aditivos e também para a agricultura e horticultura (FERRO et al. 2006). Desta forma, o estudo de novas fontes de matéria-prima oriunda dessa diversidade vem sendo reconhecida como uma forma de preservá-la, ao mesmo tempo em que se estimulam cadeias produtivas ainda inexploradas.

A *Adenanthera pavonina* pertence à família Leguminosae, conhecida também como olho de pavão, carolina e falso sândalo, planta nativa da Ásia e África que foi disseminada para toda América tropical. Suas sementes se destacam por apresentarem tegumento vermelho brilhante, com endosperma gomoso e espesso (BAILEY, 1954; BRAGA, 1976; LUCYSZYN, 1994). Os subprodutos ou resíduos do processamento de matérias-primas agrícolas podem ser utilizados na alimentação animal ou humana com o intuito de melhorar o valor nutricional e outros atributos que favoreçam o consumo. A princípio, a definição de subproduto, segundo Fadel (1999), é de um material que foi obtido pelo processamento agroindustrial destinado à alimentação humana ou animal.

A semente da carolina é rica em polissacarídeos gomosos, úteis para utilização como aditivos alimentícios. Seu uso, porém, precisa ser avaliado quanto a possíveis efeitos tóxicos, visto não se tratar de produto de consumo convencional. Uma forma de testar a toxicidade em alimentos é pelo método da *A. salina*, que consiste em um microcrustáceo, filtrador que se alimenta de bactérias, algas e protozoários, descrito por Meyer et al. (1982). A Artemia é particularmente indicada para esse tipo de teste por ser uma espécie de fácil manipulação e baixo custo (CALOW, 1993).

As propriedades físicas de alimentos em pó como tamanho de partículas, densidade aparente, porosidade, solubilidade, molhabilidade, entre outros, ajudam a definir o produto, os parâmetros do processo de produção e os fenômenos que alteram no seu comportamento (VISSOTO et al., 2006).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e a toxicidade da farinha do resíduo de sementes de Carolina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais

(CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A matéria-prima utilizada foram resíduos de sementes de Carolina (*Adenanthera pavonina* L.) resultantes da extração de polissacarídeos.

A determinação da toxicidade do resíduo das sementes de Carolina para o bioensaio de toxicidade foi utilizada a metodologia de Meyer et al. (1982) para o método da *A. salina*, descrito em três fases: Incubação: Primeiramente foi preparada uma solução salina contendo 7 sais. Foram adicionados 0,2 g de cistos de *A. salina* em 500 mL de solução salina em um recipiente, mantendo-se constante a agitação e aeração da água, com auxílio de uma bomba de aquário, sob luz, por um período de 24 a 48 horas. Para a obtenção do extrato foi pesado 0,1 gramas da amostra, triturada com auxílio de almofariz e pistilo, adicionando-se 5mL da solução salina mais 5 mL de água destilada, em seguida filtrado, utilizando-se papel filtro. Exposição: Após o período de incubação foram transferidos 10 náuplios com o uso de conta-gotas para cada tubo de ensaio, totalizando 7 ensaios por concentração de cada diluição da amostra. As concentrações foram distribuídas dentro do limite segundo Veiga et al. (1989): 0; 31,25; 62,5; 125; 250; 500 e 1000ppm de modo a obter a DL50 (dose letal para 50% da população) da amostra testada. O teste foi realizado em triplicata para cada faixa de concentração, que foi determinada buscando sempre a menor concentração em que observa-se 0% de mortalidade e a maior concentração em que se deflagra 100% de mortalidade. Além, disso teve um controle negativo (branco), em que foram adicionados 10 náuplios em 10 mL de água destilada, sem adicionar a amostra do resíduo das sementes de carolina. Contagem: Após esse período, foi realizada a contagem dos náuplios vivos, considerado aqueles com movimento quando observados sob uma fonte de luz. Só foram considerados validos os testes no qual o controle apresentou uma mortalidade igual ou inferior a 10% da população. Os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico utilizando o PROBIT, o qual forneceu os valores de DL50.

Para a caracterização física da farinha do resíduo de sementes de carolina foram, realizadas, em triplicata, as seguintes análises: densidade aparente; densidade aparente compactada; solubilidade; molhabilidade; tempo de escoamento e ângulo de repouso.

### Densidade aparente

Foi determinada a partir do método descrito por Politi (2009) onde uma proveta de 100 mL foi preenchida com a amostra em pó e pesada posteriormente. Sendo a densidade aparente determinada com os dados de volume e massa, de acordo com a Equação 1.

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_p} \quad (1)$$

onde:

$\rho_{ap}$  - densidade aparente;

$M_{pv}$  - massa da proveta vazia (g);

M<sub>pc</sub> - massa da proveta cheia (g);  
V<sub>p</sub> - volume da proveta (cm<sup>3</sup>).

#### Densidade aparente compactada

Foi determinada a partir do método descrito por Tonon (2009), em que 2 g do pó foram transferidos para uma proveta e compactados através do batimento da proveta (50 vezes sobre a bancada), sendo calculada como a relação entre a massa e o volume da amostra de acordo com a Equação 2.

$$\rho_{apc} = \frac{m}{V} \quad (2)$$

onde:

ρ<sub>apc</sub> - densidade (g/cm<sup>3</sup>);  
m - massa (g);  
V - volume após compactação (cm<sup>3</sup>).

#### Solubilidade

Foi determinada conforme método de EASTMAN & MOORE (1984) e modificado por CANO-CHAUCA et al. (2005), utilizado um grama de pó diluído em 100 mL de água, submetido a agitação por 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de petri previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. Foi calculada de acordo com a Equação 3:

$$S = \left[ \left( \frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3)$$

em que:

S - solubilidade;  
M<sub>s</sub> - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante (g);  
M<sub>a</sub> - massa da amostra (g).

#### Molhabilidade

Foi determinada pela aplicação do método de Schubert, descrito por Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2002), onde cerca de 1g da amostra foi vertido em béquer de 250 mL com 100 mL de água a temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso foi cronometrado e o cálculo da taxa de molhabilidade foi efetuado através da Equação 4:

$$\text{Taxa de molhabilidade} = \frac{N}{t} \quad (4)$$

onde:

N - peso da amostra em gramas;  
t - tempo em minutos.  
Tempo de escoamento e ângulo de repouso foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Oliveira, Figueirêdo e Queiroz (2006), com uso de um funil, inicialmente com abertura inferior fechada,

acoplado a um sistema de vibração. Após a colocação da amostra foi retirada a vedação inferior do funil e com um cronômetro mediu-se o tempo de escoamento. Na determinação do ângulo de repouso a metodologia que utilizada foi a de Gomes, Figueirêdo e Queiroz (2002), onde na pilha de pó escoado através do funil, formada na placa de recolhimento, da determinação anterior, foram ser medidos o diâmetro (D) da pilha e sua altura (h), obtendo-se o ângulo de repouso (Θ), de acordo com a Equação 5:

$$\Theta = \frac{\arctg 2h}{D} \quad (5)$$

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão representados os valores médios da DL<sub>50</sub> do resíduo da farinha de sementes de Carolina. O ensaio revelou DL<sub>50</sub> de 10.854,30 ppm, mais de 10 vezes superior a 1000 ppm, indicando que o resíduo é atóxico (não tóxico). De acordo com Meyer et al. (1982), quando são encontrados valores de DL<sub>50</sub> maiores que 1000 µg/mL-1 e não se observa a morte de mais de 50% de uma população, o material testado é considerado não tóxico.

Tabela 1 - Valor da DL<sub>50</sub> da farinha do resíduo de sementes de Carolina

Material	Limite inferior	DL <sub>50</sub> (ppm)	Limite superior
Farinha do resíduo	5.340,28	10.854,30	16.368,38

Em trabalho realizado por Dantas et al. (2016) estudando a toxicidade da Moringa oleífera, utilizando o teste com *A. salina*, encontrou-se CL<sub>50</sub> (Concentração letal) para as sementes igual a 1.783,40 µg/mL-1, e para a casca que recobre a semente CL<sub>50</sub> de 1.501,71 µg/mL-1, informando pelos resultados obtidos, por geraram CL<sub>50</sub> > 1000 ppm, ser o material atóxico. De acordo com Nguta et al. (2011), tanto extratos orgânicos, quanto extratos aquosos com valores de CL<sub>50</sub> menores que 100 µg/ml apresentam alta toxicidade, CL<sub>50</sub> entre 100 e 500 µg/ml apresentam toxicidade moderada, CL<sub>50</sub> entre 500 e 1000 µg/mL apresentam fraca toxicidade e CL<sub>50</sub> acima de 1000 µg/mL são considerados atóxicos (não tóxicos).

Verifica-se na figura 1 que na maior dose 1000ppm a taxa de mortalidade foi de 13,3%, assim também constatada para menor dose, de 31,25ppm. Desta forma, observa-se que a taxa de mortalidade encontra-se abaixo de 20% em relação ao estímulo (dose), constatando-se que não houve morte de mais de 50% da população testada, concordando, com resultados obtidos por Hisen et al. (2011), que trabalhando com cianobactérias citotoxicidade versus toxicidade em *A. salina*, comprovaram que as amostras analisadas não foram tóxicas, mantendo-se inferior a 50% a percentagem de mortalidade.

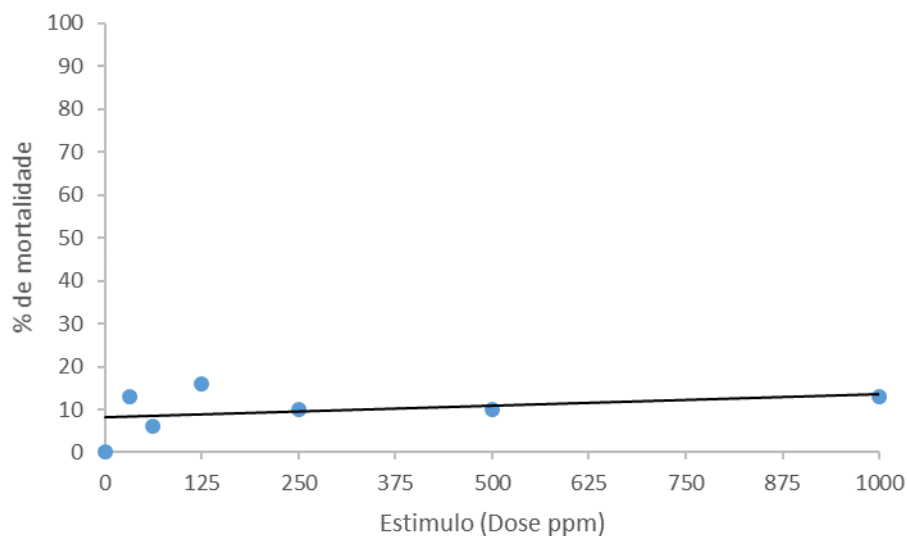


Figura 1. Taxa de mortalidade em relação ao estímulo (dose) da farinha do resíduo de sementes de Carolina frente a *Artemia salina*.

A Figura 2 está representada pela reta que melhor evidencia a relação entre a porcentagem de mortalidade e o Log 10, com coeficiente de variação linear de 0,99 %, indicando um bom ajustes dos dados em estudo. Observa-

se ainda que o efeito da dose letal foi extinto no log 3, certificando que o percentual dos animais mortos está de acordo com a dosagem.

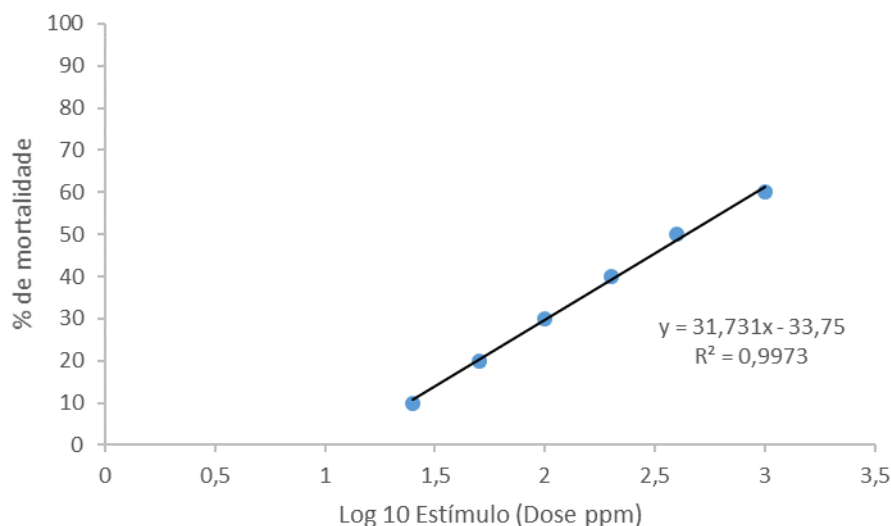


Figura 2. Taxa de mortalidade em relação ao Log 10 da farinha do resíduo de sementes de Carolina frente a *Artemia salina*.

Na Tabela 2 estão representados os valores médios das propriedades físicas da farinha do resíduo de sementes de Carolina. A densidade aparente foi de 0,30 g/cm<sup>3</sup> e a densidade compactada de 0,33 g/cm<sup>3</sup>, observa-se, como esperado, que o valor da densidade compactada foi superior ao da aparente, isto, devido a menor quantidade de espaços vazios.

A solubilidade foi de 95,52 g/s, esse resultado foi similar ao encontrado por Moreira (2007) ao estudar a obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola que variou de 90,97% a 96,92%.

Segundo Maia & Golgher (1983) esse parâmetro é utilizado para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com água, esse termo é aplicado a produtos que não constituem apenas de ingredientes solúveis, como o leite em pó, mais contêm proteínas de dimensões coloidais ou gorduras.

A molhabilidade foi de 0,86 g/min considerada baixa, segundo Maia & Golgher (1983) produtos em pó que apresentam baixa molhabilidade tendem a formar grumos durante adição e mistura com água.

Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão da caracterização físicas da farinha do resíduo de sementes Carolina.

Parâmetros	Farinha de sementes de Carolina
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,30 ± 0,0
Densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> )	0,33 ± 0,0
Solubilidade (g/s)	95,52 ± 0,62
Molhabilidade (g/min)	0,86 ± 0,01
Índice de Carr (%)	10 ± 0,0
Fator de Hausner	1,1 ± 0,0
Tempo de escoamento (s)	2,0 ± 0,0
Ângulo de repouso (°)	9,47 ± 0,27

O índice de Carr (índice de compressibilidade) e o fator de Hausner são medidas indiretas da fluidez dos pós. O índice de Carr foi igual a 10%, de acordo com Villanova et al. (2012) o índice de Carr (IC) expressa a capacidade de escoamento e compressão de um sólido. Valores de IC < 15% são atribuídos a materiais cuja fluidez é excelente (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Quanto menor o IC melhor a fluidez.

O fator de Hausner (FH) apresentou valor de 1,1, segundo Villanova et al. (2012) o FH avalia a coesividade do material e valores abaixo de 1,25 podem ser correlacionados a um bom fluxo; de acordo com a classificação de Tze et al. (2012) quando  $1,0 < FH < 1,1$  o pó pode ser considerado de escoamento livre (free flowing powder). Desta forma, a farinha do resíduo de sementes de Carolina apresentou fluidez muito boa e fácil escoamento.

O tempo de escoamento, que é uma medida direta de fluxo, apresentou um tempo de 2 s. Segundo Villanova et al. (2012) tempo de escoamento ≤ 10 s é classificado como uma característica ótima de fluxo.

O ângulo de repouso foi de 9,49°, de acordo com Bhandari et al. (1998), os pós que apresentam ângulo de repouso menores que 45° apresentam capacidade de escoamento livre, enquanto acima de 50° apresentam problema de escoamento.

## CONCLUSÃO

A farinha do resíduo das sementes de Carolina não apresentou toxicidade frente a *A. salina*. A dose estímulo apresentou coeficiente de variação de 0,99% indicando um bom ajuste dos dados em estudo. As propriedades físicas da farinha do resíduo das sementes de Carolina apresentou boa solubilidade, baixa molhabilidade, rápido tempo de escoamento e baixo ângulo de repouso, o que garantem boa fluidez.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, L. H. **Manual of cultivated plants**. 2 ed. New York: Macmillan Publishing, 1954. p. 588- 589.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. comemorativa do II Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais. Mossoró 18 a 24 de julho de 1976.

BRANDARI, B. R.; DATTA, N.; D' ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 31, n. 2, p.138-142, 1998.

CALOW, P. Marine and estuarine invertebrate toxicity tests. In: HOFFMAN, D. et al. **Blackwell Scientific Publication**, Oxford: 1993. v. 1. p. 1-5.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., RAMOS, A. M., CAL-VIDAL, J. Effect of the carries on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

DANTAS, D. L., SILVA, P. F. de., COSTA, J. D., JÚNIOR, J. C. O. de., CAMPOS, A. R. N. Toxicidade da *Moringa olerifera* utilizando o teste com *Artemias Salinas* Leach. **Anais... I Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**, v. 1, 2016.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4464702, 1984.

FADEL, J. G. Quantitative analyses of selected plant by-product feedstuffs, a global perspective. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p. 255-268, 1999.

FERRO, A. F. P.; BONACELLI, M. B. M.; ASSAD, A. L. D. Oportunidades tecnológicas e estratégicas concorrenciais de gestão ambiental: O uso sustentável da biodiversidade Brasileira. **Revista Gestão e Produção**, v.13, n.3, p. 489-501, 2006.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

HISEM, D.; HROUZER, P.; TOMEK, P.; ZAPOMELOVÁ, E.; SKÁCELOVÁ, K.; LUKESOVÁ, A.; KOPECKÝ, J. Cyanobacterial cytotoxicity versus toxicity to brine shrimp *Artemia salina*. **Toxicon**, v. 57, p. 76-83, 2011.

- LUCYSZYN, N. Galactomananas: novas fontes do biopolímero e aplicações na indústria alimentícia. 1994. 150f. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MAIA, A. B. R.; GOLGHER, M. Parâmetros para avaliação da qualidade de reconstituição do leite em pó desidratado e secador de aspersão (Spray-Drier). **Boletim do SBCTA**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 235-254, 1983.
- MEYER, B. N., FERRIGNI, N. R., PUTNAN, J. E., JACOBSEN, L. B., NICHOLS, D. E., McI. AUGHILIN, J. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, v. 45, n.1, p. 31-34, 1982.
- MOREIRA, G. E. G. Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola. 2007, 67f. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN.
- NGUTA, J. M. et al. Biological screening of kenya medicinal plants using *Artemia salina* L. (Artemiidae). **Pharmacologyonline**, [s.l.], v. 2, [s.n.] p. 458-78, 2011.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.25-33, 2006.
- POLITI, F. A. S. Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *Endopleura uchi* (HUBER) Cuatrec. (*Humiriaceae*). 2009. 143 f. **Dissertação (Mestrado)** – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.
- TZE, N. L.; HAN, C.P.; YUSOF, Y. A.; LING, C.N.; TALIB, R. A.; TAIP, F. S.; AZIZ, M. G. Physicochemical and nutritional properties of sapray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. **Food Science Biotechnology**, v. 21, n. 3, p. 675-682, 2012.
- VEIGA, L. F.; VITAL, N. A.; PORTELA, M. R.; OLIVEIRA, F. F (1989). Avaliação de faixa de sensibilidade de *Artemia salina* ao Lauril Sulfato de Sódio. Rio de Janeiro. Petrobrás/Cenpes/Supesq/Diter, 64p. il. (Projeto 04.05.27).
- VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de beads acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.
- VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M. ; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, n. 3, 2006.