



Caracterização de óleos e resinas vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção

Characterization of vegetables oils and resins from Amazon by absorption spectroscopy

L. S. Ferreira^{1*}; M. R. P. Santos¹; L. C. Figueira¹; K. M. R. Nagata²; C. M. R. Remédios³; F. F. Sousa⁴

¹Laboratório de Síntese e Caracterização de Novos Materiais, Universidade Federal do Oeste do Pará, 68035-110, Santarém, Pará, Brasil.

²Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, 68040-470, Santarém, Pará, Brasil

³Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém, Pará, Brasil

⁴Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, 68507-970, Marabá, Pará, Brasil

*luciena.ferreira@yahoo.com.br

(Recebido em 27 de agosto de 2016; aceito em 14 de outubro de 2016)

Os óleos e resinas vegetais apresentam-se como uma opção atrativa de exploração devido à grande variabilidade de ocorrência dessas espécies ao longo de toda a bacia amazônica e também por possuírem inúmeras possibilidades de uso que vão desde suas aplicações na indústria de alimentos, cosméticos e fármacos à indústria energética sendo, por isso, imprescindível o estudo destes materiais. Este trabalho apresenta o estudo de caracterização do óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), óleo de inajá (*Maximiliana Maripa*), óleo de urucuri (*Attalea phalerata*) e do óleo-resina de copaíba (*Copaifera reticulata*), os quais ocorrem na Amazônia, através de espectroscopia de absorção na região UV-VIS. Foi analisada uma amostra de cada espécie vegetal, totalizando 4 amostras, e as medidas de absorção foram feitas na faixa de 250 a 700 nm com passos de 1 (nm) nanômetro e tempo de integração de 0,5 segundos. As medidas foram feitas à temperatura ambiente (25 °C) sem a adição de solvente. Todos os óleos vegetais apresentaram bandas de absorção que sugerem a presença de tocoferol, ácidos graxos, triglicérides, carotenoides e clorofila em suas composições e, portanto, apresentam-se com alto potencial de uso na indústria alimentícia. O espectro do óleo de urucuri, entretanto, sugeriu a possível degradação das moléculas de carotenoide na composição deste material e o óleo-resina de copaíba não teve suas bandas correlacionadas aos componentes que ocorreram para os óleos vegetais pelo fato de ser constituído de componentes de origem metabólica secundária, porém apresentou eficiência para absorção na região UVA assim como os demais óleos.

Palavras-chave: óleos e resinas vegetais, Amazônia, espectroscopia de absorção.

Vegetable oils and resins represent an attractive extractive resource option in Amazon region because of their huge variability of species found in the Amazon basin and their countless possibilities of use, ranging from the food industry, cosmetics and drugs even energy industry. Because of that, the study these materials have been indispensable in last years. This paper presents the study of characterization of buriti oil (*Mauritia flexuosa*), inajá oil (*Maximiliana Maripa*), urucuri oil (*Attalea phalerata*) and copaiba oilresin (*Copaifera reticulata*), which ones occur in the Amazon region, by absorption spectroscopy in the UV-VIS region. It was analyzed one sample of each species, a total of four samples, and the absorption spectrum was recorded in the range from 250-700 nm. All samples showed absorption bands, which ones suggest tocopherol, fatty acids, triglycerides, carotenoids and chlorophyll molecules in their composition and, therefore, have high potential for use in the food industry. The urucuri oil spectra, however, indicated the degradation of the carotenoid molecules for these plant materials and the copaiba oilresin has not your bands associated to molecules that occur to other oils because this material is made up of secondary metabolic origin components, but it was efficient for absorption in the UV region as well as other oils.

Keywords: vegetable oils and resins, Amazon region, absorption spectroscopy.

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica, devido à sua vasta biodiversidade, possui uma riqueza imensurável em recursos naturais o que a faz ser detentora de inúmeras fontes de matéria-prima [1]. Os Produtos

Florestais Não-Madeireiros (PFNM) constituem uma dessas fontes e têm sido explorados pelo homem há milhares de anos por meio do extrativismo vegetal [2,3]. Estes produtos consistem de bens de origem biológica que não seja madeira, tais como sementes, flores, frutos, folhas, raízes, cascas, látex, óleos vegetais e essenciais, resinas, corantes, fibras, entre outros [4], e dentre estes, os óleos e resinas vegetais apresentam-se como uma opção atrativa de exploração na Amazônia devido à grande variabilidade de espécies oleaginosas e resinosas que ocorrem ao longo de toda a bacia amazônica [5] e também por possuírem inúmeras possibilidades de uso.

Dentre as aplicações mais conhecidas destes materiais vegetais está, por exemplo, o uso do óleo de palma (*Elaeis Guineensis*) também conhecido como azeite de dendê, e do óleo de soja (*Glycine Max*), ambos usados tanto na indústria alimentícia [6,7] quanto na indústria energética para a produção de biocombustíveis, sendo esta última aplicação um destaque na economia brasileira [8]. Além dessas aplicações, os óleos e resinas vegetais, principalmente os que ocorrem na bacia amazônica, têm sido intensamente utilizados na indústria de cosméticos e fitoterápicos para fabricação de loções hidratantes, sabonetes, shampoos e/ou como fixador de fragrâncias como, por exemplo, o óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) [9].

A vasta aplicabilidade destes materiais vegetais, indo desde a indústria de alimentos, energética, cosméticos à indústria de fármacos, resulta das propriedades biológicas, físicas, bioquímicas e fito-químicas que esses produtos apresentam [5-9]. Devido às inúmeras possibilidades de uso dos mesmos, aliado ao potencial vegetal da região Amazônica, a demanda por materiais oleaginosos e resinosos que ocorrem nessa região têm sido crescente nos últimos anos [5,7]. Dentre estes materiais destacamos aqui o buriti (*Mauritia flexuosa* L.), o inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude), o urucuri (*Attalea phalerata*) e a copaíba (*Copaifera* spp.), os quais ocorrem ao longo de toda a bacia Amazônica [2,3,5], podendo também ser encontrados em regiões próximas como nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, assim como em países vizinhos como Colômbia, Venezuela, Equador, Peru e Bolívia [10,11] e que consistem de PFNM com potencial socioeconômico para comunidades tradicionais do interior da Amazônia através da atividade extrativista [2,3,5].

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.), o inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) e o urucuri (*Attalea phalerata*) consistem de palmeiras, pertencentes à família *Arecaceae*. O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) ocorre em terrenos alagáveis e úmidos [10,11], sendo o seu óleo, extraído da polpa de seus frutos, quimicamente composto por tocoferóis, clorofila, carotenoides e ácidos graxos [12,13]. O óleo de buriti tem sido amplamente utilizado para aplicações em compósito fotoprotetor para a produção de lentes de óculos de sol, películas fotoprotetoras, em revestimentos de paredes, etc., e também para o desenvolvimento de blendas termicamente mais estáveis [13,14], dentre outras. O inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) ocorre frequentemente em ambientes muito distintos, desde áreas abertas até matas úmidas, de solos argilosos à arenosos, encharcados à bem drenados e seu óleo, também extraído de seus frutos, é rico em ácidos graxos, tais como ácido linolênico, ácido linoleico e ácido oleico. Devido à sua alta rentabilidade, o óleo de inajá tem sido apresentado como uma fonte alternativa para a produção de biocombustível [15].

O urucuri (*Attalea phalerata*), por sua vez, ocorre tanto em altitudes elevadas quanto em terras baixas sazonalmente inundadas. Seu óleo, também extraído de seus frutos, é rico em ácidos graxos, tais como o ácido mirístico e láurico e seu potencial de uso é significativo nas indústrias de fármacos, fitoterápicos e como fonte energética [16]. Diferentemente dos demais, a copaíba (*Copaifera* spp.) é uma espécie resinosa e pertence à família *Leguminosae* ocorrendo em diversos ambientes, sejam eles alagadiços ou secos. O óleo-resina de copaíba é extraído do tronco deste vegetal e recebe esta denominação por consistir de uma mistura do óleo com uma parte resinosa não volátil sendo quimicamente composto por ácidos diterpênicos e de sesquiterpenos. Suas aplicações são inúmeras e dentre elas destaca-se o seu uso na indústria de fitoterápicos e de cosméticos, além de seu uso para a produção de tintas e vernizes [5,17].

Diante do potencial destes materiais para diversos fins, o estudo dos mesmos têm se mostrado imprescindível para agregar valor científico e diante desse cenário, técnicas como a cromatografia [18-20], os métodos analíticos por titulação [21], além de técnicas espectroscópicas [19,20,22], têm sido indicadas como alternativas para que se conheça a composição química e as propriedades que estes materiais apresentam. Neste trabalho,

apresentamos o estudo qualitativo de caracterização de alguns óleos e resinas vegetais que ocorrem na Amazônia através de espectroscopia de absorção na região UV-VIS, tendo em vista que esta técnica analítica pode apontar resultados de grande relevância sobre as propriedades destes materiais [23-25], a partir dos quais se pode identificar, mesmo que de forma preliminar, o potencial de uso dos mesmos na indústria e/ou na tecnologia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No estudo foram analisadas quatro amostras, sendo três amostras de óleo vegetal e uma amostra de óleoresina. As três amostras de óleo vegetal consistiam de uma amostra de óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*), a qual foi obtida da polpa do fruto de buriti através do método de extração com CO₂ supercrítico, uma amostra de óleo de inajá (*Maximiliana Maripa*) e uma amostra do óleo de urucuri (*Attalea phalerata*), sendo estes dois últimos óleos extraídos das sementes de seus respectivos frutos, ambos por prensagem mecânica. A amostra de óleoresina consistiu de uma amostra de óleoresina de copaíba (*Copaifera reticulata*), a qual foi extraída do tronco deste vegetal através de uma incisão feita no mesmo.

As amostras foram extraídas de árvores que ocorrem naturalmente em comunidades no interior de municípios na região oeste do estado do Pará, Brasil. Após a coleta, todas as amostras foram armazenadas em frascos âmbar à temperatura de 25 °C e fora do alcance de luz.

Para a realização das medidas de absorção foi utilizado um monocromador (modelo 300i, ACTON Research, Trenton, NJ, USA) controlado automaticamente que fez uma varredura espectral na faixa de 250 a 700 nm com passos de 1 (um) nanômetro e tempo de integração de 0,5 segundos. As medidas foram feitas à temperatura ambiente (25 °C) e as amostras não necessitaram da adição de solventes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra os espectros de absorção normalizados na região de 250 a 700 nm de todas as amostras estudadas. O espectro de absorção do óleo de buriti (Figura 1) apresenta várias bandas entre 250 e 500 nm, compreendendo parte do espectro de radiação ultravioleta (100-400 nm) estando, entretanto, as bandas com maior intensidade de absorção, localizadas entre 340 e 500 nm que compreende, especificamente, a região UVA do espectro [24,26]. As bandas de absorção que ocorrem entre 400 e 500 nm podem estar relacionadas à presença de β -caroteno e clorofila (ver Figura 2) [27,28] na composição do óleo de buriti, uma vez que estes componentes fazem parte da composição deste óleo como reportado em estudos anteriores [12,13]. As demais bandas, que ocorrem para comprimentos de onda menores que 400 nm, principalmente àquelas abaixo de 375 nm, podem estar associadas à presença de α -tocoferol e/ou a alguns ácidos graxos como, por exemplo, o ácido oleico (ver Figura 3) que absorve para comprimentos de onda abaixo de 375 nm [12]. Estas bandas podem ainda estar associadas à moléculas de trioleína, um triglicérideo presente na maioria dos lipídeos de origem vegetal e que é resultado da esterificação de moléculas de glicerol com três moléculas de ácido oleico.

O óleo de inajá (Figura 1), assim como o óleo de buriti, também apresentou absorção na região UVA (320-400 nm) do espectro, entretanto, em uma intensidade significativamente menor. As bandas de absorção apresentadas por este óleo, as quais estão centradas em 344 e 467 nm, sugerem tanto a presença de moléculas de α -tocoferol, ácido oleico e/ou triglicérideos [12,13], quanto a presença de moléculas de carotenoides e clorofila em sua composição [27,28]. O óleo de urucuri (Figura 1), por sua vez, apesar de apresentar forte absorção na região UVA (320-400 nm), apresentou apenas uma banda de absorção centrada em 339 nm. Esta banda, assim como ocorreu para os óleos de buriti e inajá, encontra-se abaixo de 400 nm e pode estar associada a componentes que absorvem para comprimentos de onda abaixo de 375 nm tais como α -tocoferol, ácido oleico e/ou trioleína [12]. Ainda de acordo com o espectro característico deste material, a não ocorrência de bandas acima de 400 nm sugere a possível degradação das moléculas de carotenoides e clorofila [12,13,27].

O óleoresina de copaíba se mostrou uma exceção quando comparado aos demais materiais estudados. Este material vegetal apresentou duas bandas de absorção, sendo uma forte em 330 nm e outra fraca em 396 nm, e também apresentou forte absorção na região UVA (320-400 nm) do espectro. Entretanto, apesar de seu espectro apresentar alto grau de similaridade com o espectro característico do óleo de urucuri, sua composição, de acordo com as bandas apresentadas, não corresponde à composição característica dos demais óleos estudados, uma vez que o óleoresina de copaíba, de acordo com estudos anteriores, constitui-se de uma mistura de ácidos diterpênicos e de sesquiterpenos [5,17] que são componentes de origem metabólica secundária. Estes componentes ocorrem tanto em óleos essenciais quanto em resinas vegetais e o estudo dos mesmos de forma isolada é incipiente em pesquisas desta natureza quando comparado aos estudos de componentes de origem metabólica primária, tais como ácidos graxos, carotenoides, tocoferóis e outros.

Partindo da comparação dos espectros, todos os óleos vegetais sugerem a presença de componentes naturais em suas composições, tais como antioxidantes e carotenoides [28], uma vez que as bandas características destes materiais estão de acordo com estudos anteriores sobre a composição química dos mesmos [12,13,15,16] e, portanto, apresentam grande potencial de uso na indústria alimentícia por indicarem a presença de componentes com potencial benefício para a saúde humana. O óleoresina de copaíba apresenta-se como uma exceção para este fim, uma vez que este material constitui uma mistura do óleo com uma parte resinosa não volátil que apresenta certo grau de toxicidade sendo, por esse motivo, um produto com alto potencial de uso para fins medicinais e cosméticos [5,17,18,29]. Ainda da comparação dos espectros, é importante ressaltar a absorção significativa apresentada por todas as amostras de radiação na região UVA (320-400 nm) sugerindo o potencial destes materiais, em específico do óleo de buriti, do óleo de urucuri e do óleoresina de copaíba, para aplicações em protetores solares orgânicos [24], uma vez que apenas o óleo de inajá apresentou baixa eficiência de absorção para essa faixa de radiação quando comparado aos demais materiais estudados e que pode estar relacionada com a concentração dos componentes responsáveis por essa absorção na composição química destes materiais.

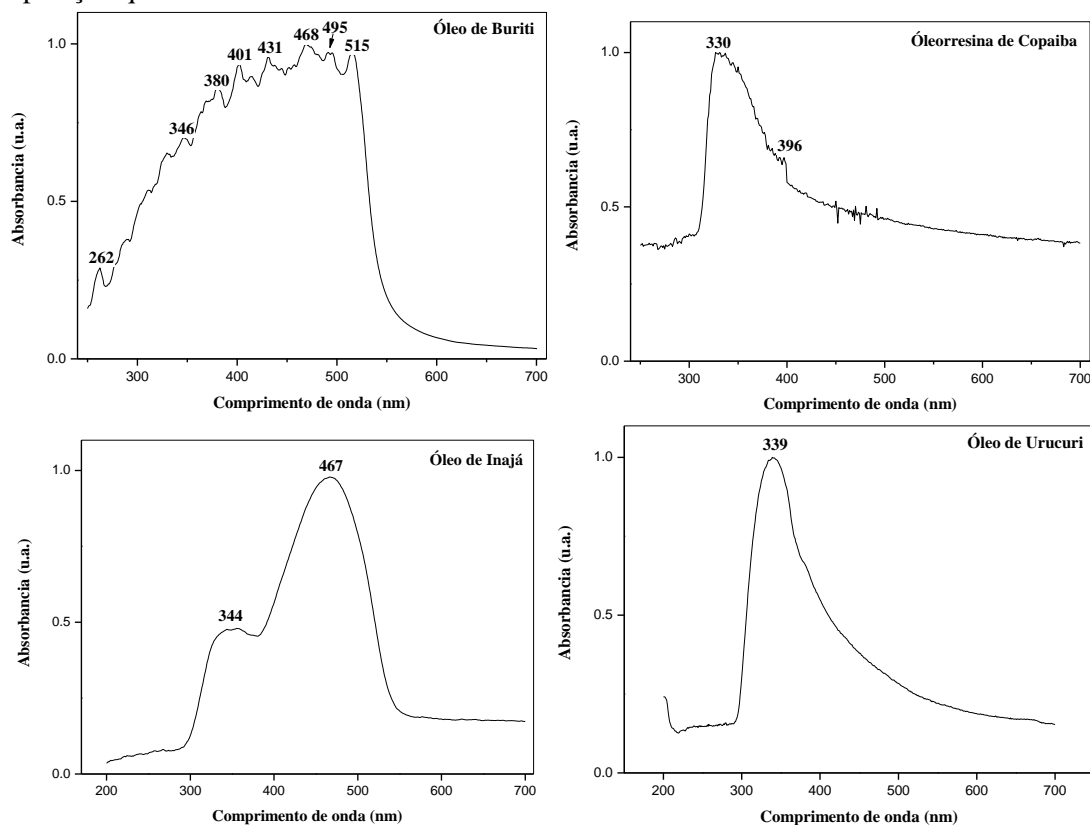


Figura 1: Espectro de absorção na região de 250 a 700 nm do: a) óleo de buriti; b) óleoresina de copaíba; c) óleo de inajá e d) óleo de urucuri.

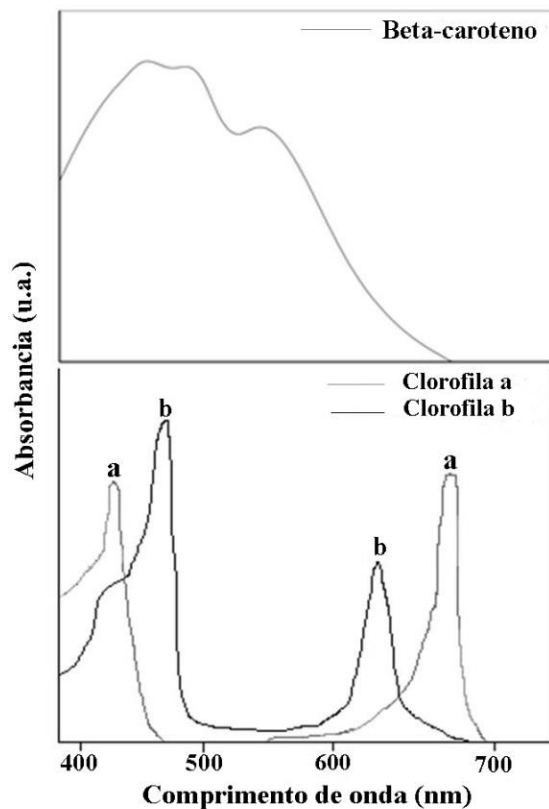


Figura 2: Espectro de absorção do β -caroteno e da clorofila a e b na região de 400 a 700 nm.

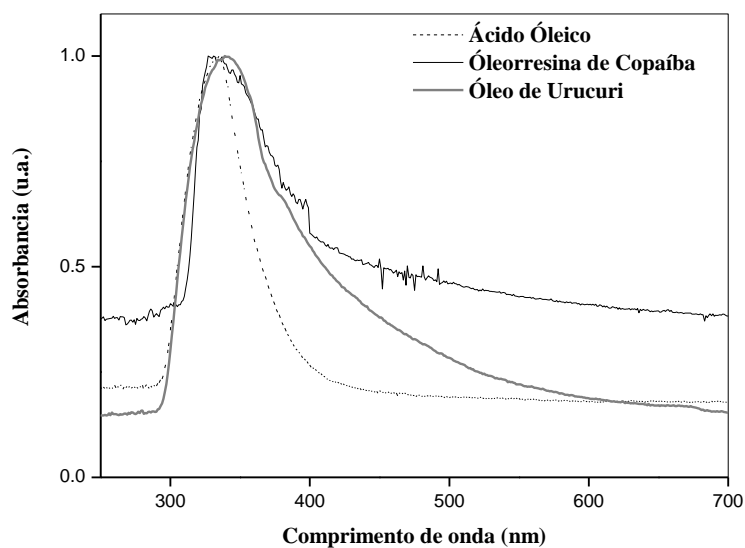


Figura 3: Espectro de absorção do óleoresina de copaíba, do óleo de urucuri e do ácido oleico na região de 300 a 700 nm.

4. CONCLUSÃO

Apresentamos aqui um estudo qualitativo de absorção no UV-VIS de alguns óleos e resinas vegetais que ocorrem na Amazônia. Todos os óleos vegetais mostraram bandas de absorção que

sugerem a presença de moléculas de tocoferol (α -tocoferol), ácidos graxos (palmítico, oleico), triglicerídeos (trioleína), carotenoides (β -caroteno) e clorofila em suas composições. O espectro do óleo de urucuri, entretanto, sugeriu a possível degradação das moléculas de carotenoide. O óleoresina de copaíba, apesar de apresentar similaridade com o espectro característico do óleo de urucuri, não teve suas bandas correlacionadas aos componentes que ocorreram para os demais óleos pelo fato de este material ser constituído de componentes de origem metabólica secundária, tais como os ácidos diterpênicos e de sesquiterpenos. Com relação à eficiência de absorção de radiação UV, todas as amostras mostraram absorção nesta faixa de radiação, mais precisamente na região UVA, sendo o óleo de inajá o material vegetal com menor eficiência devido sua baixa intensidade de absorção nesta região do espectro.

Este estudo, ainda que qualitativamente, aponta para o potencial de uso destes materiais na indústria alimentícia, com exceção do óleoresina de copaíba, tendo em vista a concordância existente entre as bandas de absorção características de cada amostra com a composição química destes materiais já reportada em estudos anteriores por meio de técnicas analíticas de caráter quantitativo. Além disso, o estudo sugere também o potencial de uso destes materiais na indústria de cosméticos e fármacos de acordo com a propriedade de absorção de radiação UVA apresentada pelos mesmos. É importante ressaltar que estudos deste caráter, ainda que de forma preliminar, incentivam avanços de pesquisas em diversas áreas e propiciam o surgimento de novas oportunidades de negócios, de novos produtos e/ou processos na Amazônia brasileira, além de contribuir para a produção de informações científicas de grande valia sobre as espécies vegetais que ocorrem nesta região.

5. AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa de Espectroscopia Óptica do Programa de Pós-graduação em Física da Universidade Federal do Pará na colaboração em realização das análises. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cáuper GCB et al. Biodiversidade amazônica. Manaus: Centro Cultural dos Povos da Amazônia; Vol. 1, 2006.
2. IBGE. Produção extrativa vegetal. Rio de Janeiro: IBGE, 1976. 240 p.
3. HOMMA A. Extrativismo vegetal na Amazônia: limites e possibilidades. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 202 p.
4. Ticktin T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. *Journal of Applied Ecology*, 2004; v. 41, 11–21, 10.1111/j.1365-2664.2004.00859.x.
5. Newton P, Watkinson AR, Peres CA. Determinants of yield in a non-timber forest product: Copaifera oleoresin in Amazonian extractive reserves. *Forest Ecology and Management*, 2011; 261, 255–264, doi:10.1016/j.foreco.2010.10.014.
6. Silva, SM. Investigação sobre o refino físico de óleos vegetais para obtenção de produtos de alta qualidade. [dissertação]. Campinas (SP): Universidade de Campinas; 2013. 198 p.
7. Miguel LM. Uso sustentável da biodiversidade na Amazônia brasileira: experiências atuais e perspectivas das bioindústrias de cosméticos e fitoterápicos [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2007. 171 p.
8. Ferrari RA, Oliveira VS, Scabio A. Biodiesel de soja - taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, 2005; vol. 28, No. 1, 19-23, doi.org/10.1590/S0100-40422005000100004.
9. Almeida SS. Potencial da flora oleífera na Amazônia. Celestino Pesce. 2009.
10. Ferreira MGR. Buriti (*Mauritia flexuosa* L.). Embrapa Rondônia. Porto Velho (RO), 2005.
11. Santos RS, Ferreira MC. Estudo etnobotânico de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em comunidades ribeirinhas do Município de Abaetetuba, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 2012; vol. 42(1), 1-10, doi.org/10.1590/S0044-59672012000100001.

12. Albuquerque MLS, Guedes I, Alcântara PJr, Moreira SGC, Neto NMB, Corrêa DS, Zílio SC. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil by Absorption and Emission Spectroscopies. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2005; vol. 16, no. 6A, 1113-1117, doi.org/10.1590/S0103-50532005000700004.
13. Durães JÁ, Drummond AL, Pimentel TAPF, Murta MM, Bicalho FS, Moreira SGC, Sales MJA. Absorption and photoluminescence of Buriti oil/polystyrene and Buriti oil/poly(methyl methacrylate) blends. *European Polymer Journal*, 2006; 42, 3324.
14. Schlemmer D, Sales MJA, Resck IS. Preparação, caracterização e degradação de blendas PS/TPS usando glicerol e óleo de buriti como plastificantes. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2010; vol. 20, nº 1, p. 6-13, doi.org/10.1590/S0104-14282010005000002.
15. Bezerra VS. O Inajá (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) como fonte alimentar e oleaginosa. Embrapa Amapá. Macapá (AP), 2011.
16. Negrelle RRB. *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.: aspectos botânicos, ecológicos, etnobotânicos e agrônômicos. *Ciência Florestal*, 2015; v. 25, n. 4, p. 1061-1066, doi: 10.5902/1980509820669.
17. Veiga VF, Pinto AC. O Gênero *Copaifera* L. *Química nova*, 2002; v.25, n.2, p.273-86, doi.org/10.1590/S0100-40422002000200016.
18. Veiga VF, Patitucci ML, Pinto AC. Controle de autenticidade de óleos de copaíba comerciais por cromatografia gasosa de alta resolução. *Química Nova*, 1997; v. 20, 612-615, doi: 10.1590/S0100-40421997000600007.
19. Rogrigues MVN, Rehder VLG, Sartoratto A, Júnior SB, Santos AS. O emprego de técnicas hifenadas no estudo de plantas medicinais. *MultiCiência*, 2006.
20. Brochini CB, Lago JHG. Aplicação de técnicas cromatográficas e espectrométricas como ferramentas de auxílio na identificação de componentes de óleos voláteis. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2007; 17(2): 266-270, ISSN 0102-695X.
21. Damy PC, Jorge N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. *Brazilian Journal of Food Technology*, 2003; v.6, n.2, p. 251-257.
22. Schulz H, Baranska M. Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 2007; v. 3, 13-25, doi.org/10.1016/j.vibspec.2006.06.001.
23. Viol LCS, Silva FO, Ferreira DL, Alves JLA, Schiavon MA. Precipitação seletiva de tamanhos em nanopartículas semicondutoras coloidais de CdTe e CdSe: um estudo por espectroscopia UV-VIS. *Química Nova*, 2011; vol. 34, No. 4, 595-600, doi.org/10.1590/S0100-40422011000400008.
24. Araújo TS, Souza SO. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. *Scientia Plena*, 2008; 4, n 11, 4807.
25. Rocha FRP, Teixeira LSG. Estratégias para aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. *Química Nova*, 2004; vol. 27, No. 5, 807-812.
26. Flor J, Davolos MR, Correa MA. Protetores solares. *Química Nova*, 2007; vol. 30, no. 1, 153-158.
27. http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotene/beta-carotene_colourings.html acessado em Novembro de 2015.
28. Castelo-Branco VN, Torres AG. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. *Revista de Nutrição*, 2011; 24(1):173-187, DOI: 10.1590/S1415-52732011000100017.
29. Veiga VFJ, Pinto AC, Maciel AMM. Plantas medicinais: cura segura? *Química Nova*, 2005; vol. 28, no. 3, 519-528, doi.org/10.1590/S0100-40422005000300026.
30. Barbosa NM, Corrêa DS, Santos Jr DS, Misoguti L, Oliveira Jr ON, Zílio SC, Mendonça CR. Influence of photodegradation on the optical limiting process of chlorophyll a. *Modern Physics Letters B*, 2003; 17, 83, doi.org/10.1142/S0217984903004919.