

1 **Análise comparativa do óleo de inajá extraído por prensa e por solvente**

2

3 Orivaldo Teixeira de MENEZES JÚNIOR. Margarida Carmo de SOUZA.

4 Universidade Federal do Amazonas/ Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia-

5

Itacoatiara/AM

6

E-mail: [junior.menezes011@mail.com](mailto:junior.menezes011@mail.com), [margarida.carmo@gmail.com](mailto:margarida.carmo@gmail.com)

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

## 26 **Análise comparativa do óleo de inajá extraído por prensa e por solvente**

27

28 **Resumo:** Os óleos são substâncias hidrofóbicas, de origem vegetal e animal, cuja  
29 aplicação é diversificada. No Brasil existem várias plantas oleaginosas e muitas delas  
30 são exploradas e apresentam grande importância econômica. No entanto, ainda há  
31 plantas nativas com grande potencial oleífero que não são exploradas por serem pouco  
32 conhecidas. Dentre essas plantas está o inajazeiro, cujo fruto, o inajá, tem se destacado  
33 devido ao seu caráter oleaginoso. Seu óleo pode ser obtido tanto da polpa quanto das  
34 amêndoas através de processos, como a extração por prensa e por solvente. A qualidade  
35 e conseqüentemente a utilidade do óleo pode ser estabelecida a partir da análise de  
36 parâmetros físico-químicos, tais como os índices de acidez, de peróxido e de  
37 saponificação. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi fazer um estudo  
38 comparativo do rendimento das extrações por prensa e por solvente na obtenção do óleo  
39 das amêndoas do inajá e avaliar seus parâmetros físico-químicos. A partir das análises,  
40 constatou-se que a extração por solvente é mais eficiente que a extração por prensa, pois  
41 os rendimentos médios alcançados na obtenção do óleo das amêndoas de inajá foram  
42 46,91% e 42,02%, respectivamente. Constatou-se também, que os valores dos  
43 parâmetros físico-químicos dos óleos extraídos se encaixam nos limites aceitáveis tanto  
44 para a utilização na alimentação, quanto para a produção de biodiesel, indicando um  
45 possível potencial oleífero das amêndoas para aplicação nos setores alimentícios e de  
46 biodiesel, apresentando-se como uma alternativa de investimento para o setor  
47 econômico brasileiro.

48

49 **Palavras-chaves:** oleaginosa amazônica, inajazeiro, índice de acidez, índice de  
50 peróxido, saponificação

51 **Comparative analysis of inajá oil obtained through oil pressing and solvent**  
52 **extraction**

53 **Abstract:** Oils are hydrophobic substances obtainable from both vegetable and animal  
54 sources, whose application is diversified. In Brazil, many oleaginous plants are explored  
55 and present significant economical importance. However, there are still native plants  
56 with oleaginous potential that are not yet explored owing to not being known. Among  
57 those plants the inajazeiro, whose fruit is the inajá, has an outstanding oleaginous  
58 character. This oil can be obtained from both pulp and almonds through physical and  
59 chemical processes such as oil pressing and solvent extraction. The quality and  
60 consequently the usefulness of the oil can be established starting from the analysis of  
61 physiochemical parameters, such as acidity and peroxide indexes and saponification.  
62 Thus, the objective of the present work is to perform a comparative study of the yield of  
63 inajá almond oil extractions through oil pressing and for solvent extraction and to  
64 evaluate their physiochemical parameters. From the data obtained it was verified that  
65 the solvent extraction is more efficient than oil pressing, yielding 46,91% and 42,02%  
66 of oil, respectively. It was also noticed that the values of the physiochemical parameters  
67 of the extracted oils are fit within the acceptable limits for both food purposes as for  
68 biodiesel production. Hence it was confirmed the oleaginous potential of the inajá  
69 almonds and the viability of its application in food and biofuel industry, showing as a  
70 viable investment alternative for the Brazilian economical section.

71

72 **Keywords:** Amazon oleaginous, inajazeiro, acidity index, peroxide index,  
73 saponification

74

75

## 76 **Introdução**

77 Os óleos são substâncias de origem vegetal e animal, que não possuem afinidade  
78 com a água (hidrofóbicas), mas que são solúveis em solventes orgânicos. Seus  
79 principais componentes são os triacilgliceróis, cuja formação é dada pela esterificação  
80 de uma molécula de glicerol com três de ácidos graxos (Azevedo-Meleiro e Gonçalves,  
81 2005).

82 A preocupação com o meio ambiente induz ao desenvolvimento de novas  
83 tecnologias que envolvam a utilização de fontes renováveis para a diminuição dos  
84 impactos ambientais. Os óleos vegetais mostram-se ser importantes para tal perspectiva,  
85 uma vez podem ser utilizados na produção de biodiesel, o qual se apresenta como uma  
86 fonte estratégica de energia renovável em substituição ou complementação ao óleo  
87 diesel e outros derivados do petróleo (Costa Neto, 2000).

88 Além dos biocombustíveis os óleos vegetais possuem várias outras utilidades.  
89 Eles desempenham papel importante em muitos seguimentos, tais como em materiais  
90 poliméricos, lubrificantes, revestimentos e adesivos estruturais (Suarez *et al.* 2007). São  
91 também bastante empregados como matéria prima nas indústrias alimentícia, cosmética  
92 e farmacológica.

93 No Brasil existem várias plantas oleaginosas que apresentam grande importância  
94 econômica, devido ao fornecimento óleos para variados fins. No entanto, ainda há  
95 plantas nativas com grande potencial oleífero, mas que não são exploradas por serem  
96 pouco conhecidas (Araújo *et al.* 2010). Dentre elas está o inajazeiro, cujo fruto tem se  
97 destacado devido ao seu caráter oleaginoso tornando-se imprescindível a realização de  
98 estudos para se avaliar a possível utilidade comercial de seu óleo.

99 O inajazeiro (*Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude) é uma palmeira pertencente a  
100 família Arecaceae (Palmae) comumente encontrada na Amazônia, que pode atingir até

101 14 metros de altura e 69 centímetros de diâmetro. Sua ocorrência é abundante em terra  
102 firme de solos pobres e arenosos. Normalmente os inajageiros estão presentes em áreas  
103 onde há outras palmeiras como o babaçu, o uricuri e o jaci. Essas palmeiras são  
104 similares e a identificação do inajazeiro pode ser feita por meio de seus frutos, presentes  
105 em volumosos cachos, que possuem características físicas bem distintas. A densidade de  
106 inajazeiros pode variar de 16 a mais de 100 indivíduos por hectare, principalmente em  
107 áreas abertas. Uma palmeira de inajazeiro produz normalmente de 5 a 6 cachos por ano  
108 contendo de 800 a 1.000 frutos cada um (Shanley *et al.* 2010).

109 O fruto do inajazeiro, conhecido como inajá, possui formato cônico e uma  
110 coloração pardo-amarelada, que varia de 3 a 4 centímetros de comprimento e dois de  
111 diâmetro. Seu epicarpo é fibroso e a semente é resistente, onde geralmente encontra-se  
112 de uma a três amêndoas. A polpa é uma massa de coloração amarelada quando o fruto  
113 está maduro e é uma boa fonte de proteínas e calorias (Shanley *et al.* 2010).

114 O óleo de inajá é semelhante ao do babaçu na qualidade e no uso. Seu sabor é  
115 picante e sua cor é vermelha amarelada. Os inajás maduros possuem cerca 15% de óleo,  
116 que é distribuído entre a polpa e as amêndoas. Sedo assim pode-se extraí-lo tanto da  
117 polpa quanto das amêndoas, os quais apresentam diferenças físicas e químicas entre si.  
118 O rendimento da extração do óleo de inajá pode alcançar 23% em alguns equipamentos  
119 mecanizados (Shanley *et al.* 2010).

120 As espécies oleaginosas possuem tecidos especializados no armazenamento de  
121 óleos e gorduras, como os presentes nos frutos. Para realizar a extração dos óleos  
122 existem processos, cuja escolha depende das características da fonte oleífera. Dentre  
123 esses processos é possível identificar dois comumente utilizados, que são a prensagem e  
124 a extração por solvente (Ramalho e Soares, 2013). A prensagem baseia-se na aplicação  
125 de altas pressões sobre a amostra para a quebra das paredes celulares ocasionando a

126 saída do óleo. A extração por solvente baseia-se no arraste do óleo do interior das  
127 células da amostra pelo solvente devido à afinidade existente entre eles. Esses métodos  
128 extrativos possuem diferentes rendimentos, que varia com o mecanismo responsável  
129 pela extração.

130 O rendimento da extração não é o único fator importante na avaliação de uma  
131 oleaginosa, uma vez que o uso de seu óleo é estabelecido conforme o seu grau de  
132 qualidade. Para determinar a qualidade de um óleo utilizam-se parâmetros físico-  
133 químicos, tais como os índices de acidez, de peróxido e de saponificação.

134 O índice de acidez é importante na avaliação do estado de conservação do óleo,  
135 conforme a concentração de íons hidrogênio, que pode ser alterada por processo de  
136 decomposição, como hidrólise, oxidação e fermentação. A decomposição do óleo ocorre  
137 de forma natural, porém ela pode ser acelerada por meio do aquecimento e na presença  
138 de luz (Lutz, 2008).

139 O índice de peróxido também está relacionado ao estado de conservação do óleo,  
140 mas no que se refere à rancidez. A rancidez está ligada à presença de radicais livres, os  
141 quais levam a formação de peróxidos e hidroperóxidos. A formação de peróxido  
142 também ocorre de forma natural, no entanto, de acordo com Kobori e Jorge (2005) ela  
143 pode ser resultado de tratamentos inadequados.

144 O índice de saponificação é característico para cada espécie e é útil na  
145 determinação de adulteração em óleos vegetais (Carvalho, 2011). Ele é importante na  
146 identificação de óleos com alta proporção de ácidos graxos, de baixo peso molecular.  
147 Quanto menor o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de  
148 saponificação. Quanto mais alto o valor do índice de saponificação mais útil para fins  
149 alimentícios é o óleo (Moretto e Fett, 1998 apud Costa, 2006).

150 Os óleos vegetais estão continuamente sujeitos a processos de degradação, por  
151 isso a obtenção de resultados satisfatórios, tanto no que se refere à extração quanto no  
152 que se refere aos parâmetros físico-químicos depende de vários fatores, dentre os quais  
153 se destacam as condições de cultivo, de coleta, de pré-tratamento, o modo de extração e  
154 o armazenamento.

155 A minimização do tempo necessário para a realização dos pré-tratamentos da  
156 amostra é determinante para se alcançar um maior rendimento na extração e tem grande  
157 influência sobre os parâmetros físico-químicos, de modo que quanto menor o tempo,  
158 maior será o rendimento e menores serão os índices de acidez e peróxido, devido à  
159 redução dos processos de degradação lipídica.

160 Dentre os processos de pré-tratamento a secagem se apresenta como um dos  
161 mais importantes, pois promove a redução da umidade presente na amostra e assim  
162 contribui para o aumento do rendimento, pois facilita o contato entre o solvente e o  
163 óleo, nas extrações por solvente, e otimiza o funcionamento da prensa. Além disso, é  
164 essencial para diminuir a oxidação do óleo por ação da umidade, pois esta favorece a  
165 hidrólise dos triacilgliceróis e a liberação de ácidos graxos livres (Tango *et al.* 2004;  
166 Aquino *et al.* 2009). O aquecimento da amostra antes das extrações também contribui  
167 para o aumento do rendimento, uma vez que o calor, entre outros fatores, proporciona a  
168 diminuição da viscosidade do óleo e assim facilita o seu fluxo, no entanto, um  
169 aquecimento excessivo pode resultar na diminuição da qualidade do óleo, por favorecer  
170 a oxidação (Ward, 1976 apud Silva, 2009; Freire *et al.* 2013).

171 Um fator ambiental que deve ser considerado na avaliação dos resultados das  
172 análises do óleo de inajá é a sazonalidade, visto que o regime climático na Amazônia  
173 não é estático e sim sazonal. O período de chuva ou forte atividade convectiva na região  
174 Amazônica é compreendido entre os meses de novembro e março, enquanto que o

175 período de seca ou de pouca atividade convectiva ocorre entre os meses de maio e  
176 setembro, sendo abril e outubro os meses de transição entre um regime e outro  
177 (Figuerola e Nobre, 1990; Abreu e Oliveira, 2012). Essa variação sazonal tem grande  
178 influência sobre a concentração dos carotenóides, a qual é reduzida significativamente  
179 durante o período de seca, enquanto que tende a aumentar durante o período chuvoso  
180 conforme Carvalho e colaboradores (2007).

181 Os carotenóides são pigmentos naturais sintetizados por microrganismos algas e  
182 plantas, sendo que nos frutos, concentram-se em maior quantidade nas sementes e nas  
183 cascas (Britton *et al.* 2004 apud Ramlov, 2010; Nascimento Filho e Franco, 2015). Sua  
184 estrutura é caracterizada por uma longa cadeia de duplas ligações conjugadas,  
185 geralmente contendo 40 átomos de carbono (tetraterpenos), sempre com uma ou duas  
186 estruturas cíclicas (anel  $\beta$ -ionona) que terminam em ligações conjugadas (Cardozo *et al.*  
187 2007 apud Ramlov, 2010). Esses compostos possuem várias funções biológicas, dentre  
188 elas a ação antioxidante, que ocorre através do sequestro do excesso de energia  
189 recebida, evitando assim a formação do oxigênio singlete (Uenojo *et al.* 2007).

190 Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo fazer um estudo  
191 comparativo do rendimento das extrações por prensa e por solvente na obtenção do óleo  
192 das amêndoas do inajá, avaliando também suas características físico-químicas.

193

## 194 **Materiais e métodos**

195 Fizeram-se duas análises tanto das extrações quanto dos parâmetros físico-  
196 químicos, sendo a primeira realizada no mês de dezembro e a segunda no mês de maio.  
197 Empregaram-se os mesmos métodos, descritos a seguir, em ambas as análises.

198

199 Coleta dos frutos



200 Foram realizadas duas coletas, uma no mês de novembro de 2014 e outra no mês  
201 de abril de 2015. Os frutos foram coletados na zona urbana do município de Itacoatiara,  
202 no bairro Jardim Florestal, onde há a ocorrência de vários inajazeiros (Figura 1). O  
203 cacho coletado no mês de novembro foi utilizado nas primeiras análises e o coletado no  
204 mês de abril foi utilizado nas segundas análises.

205 Em ambas as coletas, foi realizada a contagem do número de frutos por cacho,  
206 para comparar com os resultados obtidos por Shanley e colaboradores (2010).

207

208 Pré-tratamento

209 O pré-tratamento da amostra consiste na separação das amêndoas dos frutos e  
210 secagem das amêndoas, que é essencial para a obtenção de resultados satisfatórios, visto  
211 que tratamentos inadequados refletem tanto no rendimento quanto nas propriedades  
212 físico-químicas do óleo.

213 Separação das amêndoas dos frutos

214 Os frutos foram descascados e despulpados, obtendo-se as sementes, as quais  
215 foram quebradas para a retirada das amêndoas ricas em óleo (figura 2). Todo o  
216 processo foi realizado de forma manual.

217 Secagem das amêndoas

218 A finalidade do processo de secagem é realizar a retirada de umidade presente na  
219 amostra, o que resulta em melhores rendimentos e na diminuição dos processos  
220 oxidativos.

221 As amêndoas, logo após serem retiradas do interior das sementes, foram  
222 deixadas durante três horas secando ao sol e em seguida, foram submetidas ao processo  
223 de secagem em estufa a 60 °C por um tempo suficiente para que a massa da amostra  
224 permanecesse constante entre duas pesagens consecutivas.

225 Ao final do processo, a primeira amostra perdeu 313,3 g, visto que a massa da  
226 amostra úmida era de 2.310,8 g e após a secagem obteve-se uma amostra seca de  
227 1.997,5 g. A segunda amostra perdeu 291,1 g, uma vez que a massa da amostra úmida  
228 era de 1257,1 g e após a secagem obteve-se uma amostra seca de 966,0 g. As perdas  
229 sofridas durante o processo de secagem correspondem à umidade inicialmente presente  
230 nas amêndoas de inajá.

231

### 232 Obtenção do óleo

233 Após o processo de secagem as amostras foram separadas em duas partes, sendo  
234 uma destinada à extração por prensa e a outra à extração por solvente (Soxhlet).

#### 235 Extração por prensa

236 A extração por prensa foi realizada em uma prensa hidráulica modelo P30000 –  
237 30 ST, da marca BOVENAU, fabricada na cidade Rio do Sul (Brasil), cuja capacidade é  
238 de 30 toneladas (Figura 3).

239 A amostra destinada à extração por prensa foi subdividida em três partes para  
240 realizar a extração em triplicata. Cada uma das três amostras foi aquecida em estufa a 50  
241 °C, durante 15 minutos antes da prensagem para aumentar o rendimento, uma vez que o  
242 aquecimento promove a diminuição da viscosidade do óleo e conseqüentemente torna  
243 seu fluxo mais fácil conforme Ward (1976) apud Silva (2009). Cada extração demorou  
244 em média 30 minutos, usando a pressão máxima de 28 toneladas. Ao final de cada  
245 extração, pesou-se o óleo extraído para utilizar sua massa no cálculo do rendimento. As  
246 amostras de óleo obtidas (Figura 4) foram filtradas e em seguida armazenadas em frasco  
247 âmbar à temperatura ambiente.

#### 248 Extração por solvente

249 A extração por solvente foi realizada em um extrator Soxhlet (figura 5) e o  
250 solvente empregado foi o éter de petróleo P.A, cujo ponto de ebulição é 70 °C.

251 A amostra destinada à extração por solvente, inicialmente foi moída em um  
252 moinho modelo Willye, da marca SOLAB, fabricado na cidade de Piracicaba-Brasil  
253 (figura 6). Em seguida, foi deixada em estufa a 50 °C, durante 45 minutos e, após o  
254 aquecimento foi subdividida em três partes iguais, as quais foram colocadas em  
255 cartuchos de papel filtro, sendo utilizado um em cada extração.

256 O procedimento adotado para realizar as extrações foi: Após a montagem do  
257 aparelho, o cartucho com amostra foi colocado no interior do extrator, adicionando-se  
258 em seguida aproximadamente 870 mL de éter de petróleo. Ligou-se a manta aquecedora  
259 para realizar a volatilização do solvente, e o consequente gotejamento sobre a amostra.  
260 O processo foi finalizado após 6 horas e nesse período o solvente realizava em média  
261 seis refluxos. O solvente era recuperado, através de uma destilação simples, para ser  
262 usado na próxima extração.

263 O óleo obtido ao fim de cada extração (Figura 7) era levado à estufa a 75 °C,  
264 onde ficava por 2 horas para a retirada dos traços de solvente. Após as 2 horas, pesava-  
265 se o óleo para utilizar sua massa no cálculo do rendimento. As amostras de óleo obtidas  
266 foram armazenadas em frasco âmbar à temperatura ambiente.

267

268 Cálculo do rendimento

269 O rendimento percentual do óleo bruto para ambos os métodos extrativos foi  
270 calculado por meio da equação 1.

271

272 
$$R_{\%} = \frac{m_o}{m_a} \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

273

274 Onde  
275  $R_{\%}$  é o rendimento percentual;  
276  $m_o$  é a massa do óleo;  
277  $m_a$  é a massa da amostra.

278

## 279 Análise de alguns parâmetros físico-químicos do óleo

280 Os parâmetros físico-químicos analisados foram os índices de acidez, peróxido e  
281 saponificação, os quais estão descritos abaixo. Todas as análises foram realizadas em  
282 triplicata e conforme a metodologia das Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.

### 283 Índice de acidez

284 O índice de acidez determina o número de miligramas de hidróxido de potássio  
285 necessário para neutralizar um grama da amostra e é um dado importante na avaliação  
286 do estado de conservação do óleo em análise. É aplicável a todos os óleos brutos e  
287 refinados, tanto de origem vegetal quanto animal (Lutz, 2008).

### 288 Índice de peróxido

289 Este índice determina todas as substâncias que oxidam o iodeto de potássio nas  
290 condições do teste, em termos de miliequivalentes de peróxido por quilograma de  
291 amostra. Tais substâncias são consideradas como peróxidos ou outros produtos  
292 similares provenientes da oxidação do óleo (Lutz, 2008).

### 293 Índice de saponificação

294 Este índice determina a quantidade de álcali necessário para saponificar uma  
295 quantidade definida de amostra. É aplicável a todos os óleos e gorduras e expressa o  
296 número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para saponificar um grama  
297 de amostra (Lutz, 2008).

298

299 Análise estatística

300 Aplicou-se o teste *T* de Student para verificar a diferença entre as médias das  
301 extrações e dos parâmetros físico-químicos encontradas nas duas análises, para um nível  
302 de 95% de confiança.

303

#### 304 **Resultados**

305 A coleta dos cachos utilizados nas duas análises foi realizada em períodos  
306 sazonais distintos, pois o primeiro foi colhido no mês de novembro e o segundo no mês  
307 de abril.

308 O cacho utilizado na primeira análise continha 1.500 frutos, todos bem  
309 desenvolvidos. Já o utilizado na segunda análise continha apenas 660 bem  
310 desenvolvidos e muitos outros em estágio inicial de desenvolvimento, sendo estimado  
311 mais de 1000 frutos no total. O número de frutos encontrados são discordantes dos  
312 encontrados por Shanley e colaboradores (2010), que definiram uma faixa de 800 a  
313 1000 frutos por cacho.

314 Foram necessários 23 dias para realizar todas as etapas de pré-tratamento  
315 (descasque, despulpamento, quebra das sementes para a retirada das amêndoas e  
316 secagem das amêndoas) dos 1.500 frutos utilizados na primeira análise, enquanto que  
317 para os 660 frutos utilizados na segunda análise foram necessários 16 dias. Portanto,  
318 reduziu-se em 7 dias o tempo de pré-tratamento da segunda amostra em relação à  
319 primeira, o que foi possível por se tratar de uma menor quantidade de frutos.

320 Os resultados das extrações por prensa e por solvente de ambas as análises são  
321 apresentados da Tabela 1. É possível observar que os rendimentos médios alcançados na  
322 segunda análise são numericamente maiores que os alcançados na primeira, no entanto,  
323 estatisticamente, não há diferença significativa com um nível de confiança de 95%.

324 Observa-se também que os rendimentos médios obtidos nas extrações por solvente são  
325 maiores e significativamente diferente com 95% de confiança que os obtidos nas  
326 extrações por prensa. Essa diferença também foi observada por outros autores, por  
327 exemplo, Tandy (1991) apud Sartori e colaboradores (2009), concluíram que o teor de  
328 óleo presente em tortas de extrações por prensa é da ordem de 10 a 12% e pode ser  
329 reduzido até 6% em grandes prensas modernas, porém não supera a extração por  
330 solvente, cujos equipamentos chegam a extrair quase todo o óleo, deixando um teor  
331 residual na torta menor que 1%, o que implica na maior eficiência do segundo método.

332 Na Tabela 2 são mostrados os resultados dos índices de acidez, peróxido e  
333 saponificação obtidos para os óleos extraídos por prensa e por solvente em ambas as  
334 análises.

335 Os dados contidos na Tabela 2 mostram que, mesmo havendo uma redução do  
336 tempo de pré-tratamento da segunda amostra em relação à primeira, as médias dos  
337 índices de acidez e de peróxido obtidas na segunda análise são numericamente maiores  
338 que as obtidas na primeira. A partir do teste *T* de Student, verificou-se que as médias  
339 dos índices de peróxido são significativamente diferentes com um nível de confiança de  
340 95%.

341 Em relação à influência dos métodos extrativos, nota-se que nas duas análises, as  
342 médias dos índices de acidez e de peróxido do óleo extraído por solvente são  
343 numericamente maiores que as do óleo extraído por prensa, sendo que na primeira  
344 análise nem foi possível identificar a presença de peróxidos no óleo extraído por prensa.  
345 Além de serem numericamente maiores são significativamente diferentes com 95% de  
346 confiança.

347 Quanto ao índice de saponificação, observa-se na Tabela 2 que as médias, de  
348 uma forma geral, são muito próximas numericamente, sendo a obtida para o óleo

349 extraído por prensa na primeira análise a mais distinta e a única estatisticamente  
350 diferente, para um nível de confiança de 95%.

351 Apesar das diferenças numéricas e estatísticas citadas, todos os resultados estão  
352 dentro dos limites aceitáveis tanto para fins alimentícios conforme a Resolução RDC nº  
353 482, ANVISA (1999), quanto para a produção de biodiesel de acordo com Zagonel  
354 (2000).

355

## 356 **Discussão**

357 A sazonalidade teve grandes influências sobre os resultados obtidos, desde as  
358 características físicas dos cachos até às propriedades físico-químicas do óleo, visto que  
359 a coleta dos cachos utilizados nas análises foi realizada em períodos sazonais distintos.  
360 O primeiro foi colhido no mês de novembro, quando há intensa atividade convectiva na  
361 região amazônica e o segundo em abril, quando a ocorrência de chuvas é menos  
362 frequente, por se tratar de um mês de transição entre os regimes, conforme o informado  
363 por Figueroa e Nobre (1990).

364 A influência da sazonalidade foi inicialmente percebida ao constatar a diferença  
365 de desenvolvimento entre os frutos dos cachos coletados. Sabendo-se que a água é um  
366 componente essencial para o desenvolvimento dos frutos, essa diferença pode ser  
367 atribuída à variação da atividade convectiva da região, de modo que mais frutos se  
368 desenvolveram no primeiro cacho, porque este foi colhido no período de chuva,  
369 enquanto que o segundo foi colhido no período de transição entre os regimes sazonais,  
370 onde a ocorrência de chuvas é menor.

371 Com a redução em 7 dias do período de pré-tratamento da segunda amostra em  
372 relação à primeira, esperava-se que os rendimentos das duas extrações obtidos na  
373 segunda análise fossem superiores aos obtidos na primeira. Esperava-se também que os

374 resultados dos índices de acidez e de peróxido da segunda análise fossem menores que  
375 os da primeira, com base no fato de que ao se reduzir o tempo de pré-tratamento a ação  
376 dos processos de degradação também é reduzida.

377 Os resultados das extrações corresponderam ao esperado, pois mesmo sendo  
378 mínima e por isso não significativa estatisticamente a diferença, os rendimentos  
379 alcançados na segunda análise, para ambas as extrações, foram numericamente  
380 superiores aos alcançados na primeira. O mesmo não ocorreu para os resultados dos  
381 índices de acidez e peróxido, pois apesar de se diminuir a ação dos processos de  
382 degradação lipídica com a redução do tempo de pré-tratamento, os valores médios  
383 obtidos na segunda análise para esses índices foram numericamente maiores que obtidos  
384 na primeira, sendo as médias dos índices de peróxido estatisticamente diferentes.  
385 Contudo, ao se considerar a influência da sazonalidade percebe-se que esses resultados  
386 são coerentes.

387 Como o cacho utilizado na segunda análise foi colhido em um período de menor  
388 atividade convectiva, possivelmente a concentração de carotenóides de seus frutos,  
389 importantes antioxidantes naturais, era menor que a dos frutos do cacho utilizado na  
390 primeira análise. Considerando-se que a concentração desses pigmentos antioxidantes é  
391 reduzida nesse período (de menor atividade convectiva) e tende a aumentar durante o  
392 período de chuva de acordo com Carvalho e colaboradores (2007), o aumento nos  
393 valores dos índices de acidez e peróxidos medidos para a segunda amostra, podem estar  
394 associados a uma possível redução da concentração de caratenóides nessa amostra. Essa  
395 redução é determinante para que a ação dos processos de degradação lipídica ocorram  
396 com maior intensidade.

397 A similaridade entre os valores médios dos índices de saponificação, sendo o  
398 obtido para o óleo extraído por prensa na primeira análise o único significativamente



399 diferente, mostra que a variação sazonal não afeta de maneira significativa este  
400 parâmetro físico-químico. Além disso, por ser característico para cada espécie, pode ser  
401 utilizado como um fator auxiliar na identificação do óleo de inajá e de possíveis  
402 adulterações, conforme o informado por Carvalho (2011).

403 O maior e significativamente diferente rendimento em óleo encontrado para a  
404 extração por solvente, nas duas análises, pode ser explicado considerando-se os  
405 mecanismos em que se baseiam ambos os métodos extrativos empregados. A  
406 prensagem baseia-se na aplicação de pressão sobre a amostra, de modo a forçar a saída  
407 do óleo. No entanto, ao passo que se aproxima do esgotamento, a pressão aplicada  
408 torna-se insuficiente para superar a força de atrito existente entre o óleo e superfície da  
409 amostra, a qual oferece resistência à extração. Diferentemente, a extração por solvente  
410 baseia-se na afinidade existente entre o solvente e o óleo, uma vez que ambos são  
411 apolares. Segundo Ramalho e Soares (2013) essa afinidade proporciona a solubilização  
412 do óleo no solvente que ocorre por duas formas: dissolução por simples contato entre as  
413 células destruídas durante a moagem e difusão, onde o óleo atravessa lentamente as  
414 paredes semipermeáveis das células intactas para o líquido. Essa força interativa supera  
415 a força de resistência devido ao atrito e proporciona o arraste do óleo pelo solvente por  
416 meio de contínuas lavagens da amostra. Isso resulta em um maior rendimento com  
417 relação à prensagem, caso esse processo seja feito por um longo tempo.

418 Conforme descrito, o rendimento da extração por solvente é superior ao da  
419 extração por prensa, sendo assim, os resultados obtidos estão de acordo com o esperado,  
420 pois as extrações por solvente apresentaram os maiores rendimentos, os quais foram  
421 superiores a 4,89% e 4,88% em relação ao rendimento da prensagem na primeira e na  
422 segunda análise, respectivamente. Mesmo sendo menor, o rendimento médio das

423 extrações por prensa (42,02%) foi satisfatório, pois foi muito acima, quase o dobro, do  
424 obtido em equipamentos mecanizados (23%) segundo Shanley e colaboradores (2010).

425 Os resultados foram importantes para confirmar o potencial oleífero da inajá  
426 através da comparação do seu rendimento com o da soja, uma fonte oleaginosa de  
427 expressão econômica. A soja, segundo Ávila e colaboradores (2007) possui um  
428 rendimento médio de 16,95% podendo alcançar 21,30%. Já o inajá possui um  
429 rendimento médio de 46,91%, conforme os resultados obtidos nesse trabalho. A partir  
430 desses dados constata-se que o inajá tem a capacidade de fornecer no mínimo 25,61% a  
431 mais de óleo do que a soja.

432 O potencial oleaginoso do inajá foi confirmado, no entanto o rendimento não é o  
433 fator mais importante, visto que são os parâmetros físico-químicos do óleo que  
434 determinam sua qualidade, a qual varia de acordo as diferentes condições aos quais as  
435 amostras são submetidas nos dois métodos de extração.

436 Os óleos extraídos por solvente apresentaram os maiores valores dos índices de  
437 acidez, os quais são significativamente diferentes dos encontrados para os óleos  
438 extraídos por prensa, devido à aceleração da decomposição da amostra em decorrência  
439 do aquecimento contínuo no balão durante o processo de extração. Segundo Freire e  
440 colaboradores (2013), o calor catalisa as reações hidrolíticas favorecendo a formação de  
441 ácidos graxos livres, o que provoca a degradação do óleo e a formação de mais íons  
442 hidrogênio. Contudo, os índices de acidez apresentados pelos óleos extraídos por ambos  
443 os métodos extrativos estão dentro do limite aceitável para a produção de biodiesel, que  
444 é de 2 mg KOH g<sup>-1</sup> de acordo com Zagonel (2000).

445 Os maiores valores dos índices de peróxido encontrados para os óleos extraídos  
446 por solvente, os quais são significativamente diferentes dos encontrados para os óleos  
447 extraídos por prensa, também se devem ao aquecimento excessivo ao qual as amostras

448 foram submetidas enquanto estavam no balão no processo extrativo. O calor favoreceu a  
449 auto-oxidação lipídica, a qual é responsável pela formação de radicais livres, que são  
450 convertidos em peróxidos e hidroperóxidos conforme Freire e colaboradores (2013).  
451 Como na extração por prensa não houve esse aquecimento excessivo, a formação de  
452 radicais livres foi pequena ao ponto de não ser identificável a formação de peróxidos e  
453 hidroperóxidos na primeira análise e a identificação na segunda, deve-se a menor  
454 concentração de carotenóides na amostra, o que favoreceu o desenvolvimento da  
455 rancidez. Entretanto, o índice de peróxido dos óleos obtidos tanto por prensa quanto por  
456 solvente estão dentro do limite de 10 meq kg<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução RDC nº 482,  
457 ANVISA (1999).

458 Os valores altos dos índices de saponificação para ambas as extrações revelam a  
459 presença de uma grande quantidade de ácidos graxos de baixo peso molecular e a  
460 viabilidade do uso dos óleos das amêndoas de inajá para fins alimentícios, uma vez que  
461 quanto mais alto o valor do índice de saponificação mais útil para tais fins é o óleo  
462 conforme Moretto e Fett (1998) apud Costa (2006). Esses valores também estão de  
463 acordo com os aceitáveis pela Resolução RDC nº 482, ANVISA (1999), o que é mais  
464 um indicativo de sua possível aplicação na alimentação. Além disso, esse índice está  
465 relacionado à quantidade de matéria-prima que será convertida em sabões, dos quais a  
466 glicerina é o mais importante conforme Freitas (2009), sendo um dado importante para a  
467 produção de biodiesel.

## 468 **Conclusão**

469 A comparação entre os rendimentos dos dois métodos extrativos empregados  
470 revelou que a extração por solvente é mais eficaz em relação à extração por prensa.  
471 Através desses rendimentos foi possível confirmar o potencial oleífero das amêndoas de

472 inajá, cuja média é superior ao alcançado por outras oleaginosas de importância  
473 econômica como a soja.

474 Apesar de possuir um maior rendimento, a extração por solvente fornece um  
475 óleo de menor qualidade, devido ao aumento dos processos de degradação lipídica  
476 decorrentes do aquecimento excessivo. Contudo, os resultados dos parâmetros físico-  
477 químicos de ambas as extrações revelam que o óleo de inajá é de boa qualidade, o que  
478 possibilita a sua utilização tanto no setor alimentício quanto na produção de biodiesel.  
479 Além disso, esta qualidade pode ser favorecida com a minimização do tempo de pré-  
480 tratamento dos frutos e fazendo-se a coleta do cacho em um período sazonal chuvoso,  
481 quando a concentração dos carotenóides é maior.

482 Portanto, os resultados obtidos são indicativos de que as amêndoas de inajá  
483 podem fornecer um óleo de boa qualidade e em grande quantidade e que a sua  
484 exploração pode ser uma excelente alternativa para o setor econômico brasileiro.

485

#### 486 **Agradecimentos**

487 Ao CNPq pela bolsa concedida e ao PIBIC da Universidade Federal do  
488 Amazonas pelo apoio financeiro.

489

#### 490 **Referências**

491 Abreu, N. R. P.; Oliveira, H. S. 2012. A influência das mudanças sazonais nos aspectos  
492 naturais e sociais no careiro da várzea-AM. *Revista Geonorte*, v.2, n.5, 1399-1408.  
493  
494 ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 482, de 23 de setembro  
495 de 1999. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 13 de outubro de 1999.  
496  
497 Aquino, L. P.; Ferrua, F. Q.; Borges, S. V.; Antoniassi, R.; Correia, J. L. G.; Cirillo, M.  
498 A. 2009. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do  
499 óleo extraído. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(2), 354-357.  
500

501 Araújo, F. D. S.; Moura, C. V. R.; Chaves, M. H. 2010. Biodiesel metílico de *Dipteryx*  
502 *lacunifera*: preparação, caracterização e efeito de antioxidantes na estabilidade à  
503 oxidação. *Química Nova*, v.33, n.8, 1671-1676.  
504

505 Ávila, M. R. 2007. Componentes do rendimento, teores de isoflavonas, proteínas, óleos  
506 e qualidade de sementes de soja. *Revista brasileira de sementes*, v.29, n.3, 111-127.  
507

508 Azevedo-Meleiro, C.H.; Gonçalves, L.A.G. 2005. Teores de ácidos graxos trans em  
509 gorduras hidrogenadas comerciais brasileiras. *Revista Universidade Rural: Série*  
510 *Ciências Exatas e da Terra*, v.24, n.1-2, 75-81.  
511

512 Carvalho, A. P. F.; Bustamante, M. M. C.; Kozovits, A. R.; Asner, G. P. 2007. Variações  
513 sazonais nas concentrações de pigmentos e nutrientes em folhas de espécies de cerrado  
514 com diferentes estratégias fenológicas. *Revista Brasil. Bot.*, v.30, n.1, 19-27  
515

516 Carvalho, M. L. B. 2011. *Avaliação da estabilidade termo-oxidativa do óleo das*  
517 *sementes de quiabo*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.  
518 94p.  
519

520 Costa Neto, P. R.; Rossi, L. F. S.; Zagonel, G. F.; Ramos, L. P. 2000. Produção de  
521 biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja  
522 usado em frituras. *Química Nova*, v.23, n.4, 531-537.

523 Costa. T. L. 2006. *Características físicas e físico-químicas do óleo de duas cultivares*  
524 *de mamona*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande,  
525 Paraíba, 113p.  
526

527 Figueroa, S. N.; Nobre, C. A. 1990. Precipitations distribution over Central and Western  
528 Tropical South America. *Climanálise- Boletim de Monitoramento e Análise Climática*,  
529 v.5, n.6, 36-45.  
530

531 Freire, P. C. M.; Mancini-Filho, J.; Ferreira, T. A. P. C. 2013. Principais alterações  
532 físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão:  
533 regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de nutrição*, v.26, n.3, 353-358.  
534

535 Freitas, R. C. Biodiesel: por dentro da matéria-prima. *Biodiesel Br*, Ano 3, n. 13, p. 45-  
536 46, 2009.  
537

538 Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos  
539 /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. v.1, 4.ed. São  
540 Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020  
541

542 Kobori, C. N.; Jorge, N. 2005. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas  
543 como aproveitamento de resíduos industriais. *Ciência e agrotecnologia*, v.29, n.5, 1008-  
544 1014.  
545

546 Nascimento Filho, W. B.; Franco, C. R. 2015. Avaliação do Potencial dos Resíduos  
547 Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. *Revista Virtual de*  
548 *Química*, v. 20, n.20, 20p.  
549

- 550 Ramalho, H. F.; Suarez, P. A. Z. 2013. A Química dos Óleos e Gorduras e seus  
 551 Processos de Extração e Refino. *Revista Virtual de Química*, 5 (1), 2-15  
 552
- 553 Ramlov, F. 2010. *Variação sazonal dos carotenoides e compostos fenólicos e estudos*  
 554 *fisiológicos em diferentes estágios reprodutivos de Gracilaria domingensis (Kutz.)*  
 555 *Sonder ex Dickie (Gracilariales, Rhodophyta)*. Dissertação doutorado, Instituto de  
 556 Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 151p.  
 557
- 558 Sartori, M. A. 2009. Análise de arranjos para extração de óleos vegetais e suprimento de  
 559 usina de biodiesel. *Revista Economia e Sociologia Rural*, v.27, n.2, 419-434.  
 560
- 561 Shanley, P.; Serra, M.; Medina, G. 2010. Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica.  
 562 Belém, PA: CIFOR: Embrapa Amazônia Oriental: Imazon, 2010. 315p.  
 563
- 564 Silva, I. C. C. 2009. *Uso de processos combinados para aumento do rendimento da*  
 565 *extração e da qualidade do óleo de macaúba*. Dissertação de mestrado, Universidade  
 566 Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 99p.  
 567
- 568 Suarez, P. A. Z.; Plentz Meneghetti, S. M.; Meneghetti, M. R.; Wolf, C. R. 2007.  
 569 Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos  
 570 químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica. *Química Nova*, v. 30, n. 3,  
 571 667-676.  
 572
- 573 Tango, J. S.; Carvalho, C. R. L.; Soares, N. B. 2004. Caracterização física e química de  
 574 frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. *Revista Brasileira de*  
 575 *Fruticultura*, v. 26, n. 1, 17-23.  
 576
- 577 Uenojo, M; Marostica Junior, M. R.; Pastore, G. M. 2007. Carotenóides: propriedades,  
 578 aplicações e biotransformação para a formação de compostos de aroma. *Química Nova*,  
 579 v.30, n.3, 616-622.  
 580
- 581 Zagonel, G. F 2000. *Obtenção e caracterização de combustíveis a partir da*  
 582 *transesterificação etílica em meio alcalino*. Dissertação de Mestrado, Universidade  
 583 Federal do Paraná, Curitiba, 504p  
 584

## 585 Tabelas

586 Tabela 1. Resultados das duas extrações empregadas.

Análise	Tipo de extração	Amostra (g)	Óleo (g)	Rendimento (%)
1 <sup>a</sup>	Prensa	545,2 ± 0,12	228,2 ± 6,93	41,86 ± 1,26
	Solvente	60,0 ± 0,00	28,1 ± 0,53	46,75 ± 0,95
2 <sup>a</sup>	Prensa	260,0 ± 0,00	109,7 ± 1,00	42,19 ± 0,38
	Solvente	57,0 ± 0,00	26,83 ± 0,85	47,07 ± 1,49

587  
 588  
 589

590  
591

Tabela 2. Resultados das análises dos parâmetros físico-químico do óleo de inajá.

Análise	Tipo de extração	I. de acidez (mg NaOH g <sup>-1</sup> )	I. de peróxido (meq kg <sup>-1</sup> )	I. de saponificação (mg KOH g <sup>-1</sup> )
1 <sup>a</sup>	Prensa	1,26 ± 0,01	Ausente	191,58 ± 0,46
	Solvente	1,63 ± 0,07	4,32 ± 0,14	186,46 ± 1,29
2 <sup>a</sup>	Prensa	1,98 ± 0,06	0,290 ± 0,01	184,47 ± 1,58
	Solvente	3,99 ± 0,24	7,51 ± 0,35	185,58 ± 1,50

592

### 593 Figuras



Fonte: Orivaldo Júnior

594

Figura 1. Cacho de inajá ainda na palmeira no local da coleta.



Fonte: Orivaldo Júnior

595

Figura 2. Sementes e amêndoas de inajá.



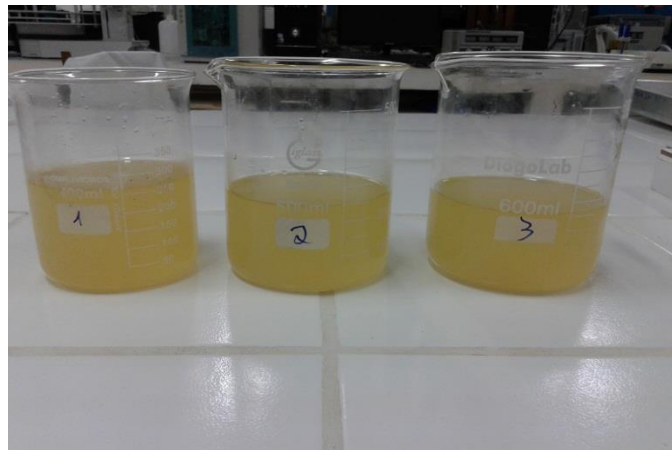
Fonte: Orivaldo Júnior

596

597

598

Figura 3. Prensa hidráulica utilizada na extração do óleo das amêndoas de inajá.



Fonte: Orivaldo Júnior

599

Figura 4. Óleo extraído por prensa.



Fonte: Orivaldo Júnior

Figura 5. Extrator Soxhlet utilizado na extração do óleo de inajá.



600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

Fonte: Orivaldo Júnior



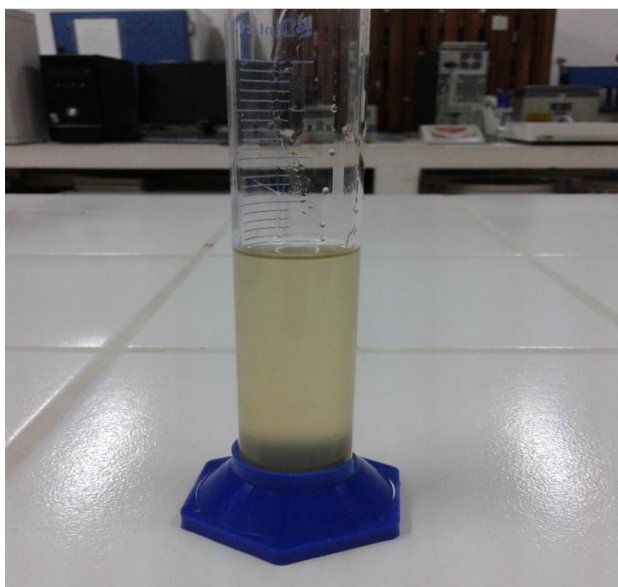
610

Figura 6. Moinho de facas utilizado para moer as amêndoas de inajá.

611

612

Fonte: Orivaldo Júnior



613

Figura 7. Óleo de inajá extraído por solvente.

614

615

616

617

618 **Cronograma de atividades**

<b>Descrição</b>	<b>Ago 2014</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Jan 2015</b>	<b>Fev</b>	<b>Ma r</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>
Levantamento Bibliográfico.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aquisição dos Frutos.			X	X	X	X						
Separação das amêndoas da semente.			X	X	X	X						
Extração do óleo bruto por prensa.				X								
Extração do óleo bruto por solvente.				X								
Análise comparativa do rendimento das extrações.					X	X	X					
Tratamento do óleo bruto (se necessário).						X	X					
Análise de alguns parâmetros físico-químicos.							X	X	X	X	X	
Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória).												X
Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória).												X

619

620