

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE FRUTOS DE PINHÃO MANSO VISANDO MAIOR RENDIMENTO NO TEOR DE ÓLEO¹

FILIPE ELIAZAR CREMONEZ², AUGUSTO TESSELE³, ROBSON FERNANDO
MISSIO³, PAULO ANDRÉ CREMONEZ², VINICIUS THOMÉ MIRANDA²

¹Aceito para Publicação no 4º Trimestre de 2017.

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE. filipe1606@gmail.com, pa.cremonez@gmail.com, mirandavt@bol.com.br.

³Universidade Federal do Paraná- UFPR. augtessele@gmail.com, rfmissio@yahoo.com.br.

Resumo

A planta de pinhão manso encontra-se entre as culturas com grande potencial energético, devido à grande concentração de óleo nas suas sementes, e seu alto poder calorífico. Entretanto, a maturação desuniforme é um problema na colheita, principalmente levando em consideração o melhor momento para se colher os frutos visando maior rendimento de óleo. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar quais características dos frutos de pinhão manso indicam a melhor época para colheita visando maior rendimento de teor de óleo nas sementes. Para tal, coletaram-se em 2013 e 2014 frutos de pinhão-manso em diferentes estádios de maturação: frutos verdes escuros (VE), frutos amarelos (AM), frutos marrom-amarelados (MA) e frutos marrons na planta (MP). Destes, avaliou-se, tanto das sementes como dos frutos, o comprimento, largura, espessura e a massa seca. Dos frutos avaliou-se ainda a porcentagem de umidade, e das sementes avaliou-se o teor de óleo. Tanto em 2013 como em 2014, para as variáveis relacionadas com dimensões (comprimento, largura e espessura), tanto nos frutos como nas sementes, as maiores médias foram obtidas pelos frutos verdes. Em contrapartida, tanto para os frutos como para as sementes, observou-se que os frutos mais maduros apresentam maior matéria seca onde obteve-se médias de 60,28% e 92,52 em 2013 e 62,79% e 80,31% em

2014 respectivamente para MA e MP. Já quanto ao teor de óleo os estádios de maturação mais adequados à colheita de pinhão manso encontram-se imediatamente após o amarelecimento dos frutos, quando os mesmos apresentam quantidade de óleo mais elevada.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., colheita, óleo nas sementes

Maturation Stages of *Jatropha curcas* L. aiming higher oil content

Abstract

The jatropha plant is found between the cultures with a great energy power, due to the great concentration of oil in its seeds, and its high calorific value. However, the uneven maturation is a problem in the harvest, especially considering the best time to harvest the fruits in order to obtain a higher oil yield. In this sense, the aim of this study was to evaluate four different maturing stages of the fruit and other variables to figure out which can offer best fruit quality and seed oil content. The different maturing stages were categorized according to the fruit color: dark-green fruits (DK), yellow fruits (YL), yellowish-brown fruits (YB) and brown fruits (BF). This study was conducted in the 2013 and 2014 fruit harvests and of these, was evaluated both seeds such as fruit, length, width, thickness and dry weight. For fruits was evaluated also a humidity percentage and seeds evaluated the oil content. In either years, for the fruit and seed dimension variables (length, width and thickness), the dark-green fruits had the highest values. In opposition, once again for fruit and seed, it was observed that the most matured fruits had the highest values for dry mass obtaining averages of 60.28% and 92.52 in 2013 and 62.79% and 80.31% in 2014 respectively for MA and MP. For the oil content, the most suitable maturation stages of physic nut is immediately after the yellowing of the fruits, when they have much higher oil.

Key-words: *Jatropha curcas* L., harvest, seed's oil

Introdução

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta da família das Euphorbiaceae, nativa da América tropical, que tem sido introduzido em muitas partes dos trópicos, e dos sub-

trópicos (Raffi, et al., 2012), porém pouco em regiões temperadas, já que não suporta temperaturas muito baixas (Andrade, et al., 2008).

Desde que chegou ao Brasil, estudos são feitos a fim de domesticar essa cultura que vem se apresentando como muito eficiente e adequada para a produção de biodiesel e rentável na agricultura familiar (Souza et al., 2009). Tamanho é a sua fonte potencial de óleo vegetal que pode ser utilizado como substituto do óleo mineral, em particular, para produção de biodiesel, não competindo com fontes alimentares (Berchmans & Hirata, 2008; Schock et al., 2014; Raffi et al., 2012).

O pinhão manso reúne vantagens comparativas para a produção de biodiesel, as quais justificam o interesse mundial por esta oleaginosa. Além do elevado teor de óleo nas sementes, de 40-60%, dependendo da variedade e do local de cultivo (kumar & sharma, 2008), apresenta alta qualidade para produção de biodiesel (Dias et al., 2008). Segundo Oliveira e Silva (2013), o poder calorífico do biodiesel produzido a partir de pinhão manso chega até 39480 J.g⁻¹.

Para Goel et al. (2007), a presença de éster etil é uma vantagem em potencial na utilização do óleo de pinhão-manso como biodiesel. Entretanto, este composto é tóxico para ser humano e animais, desta forma, o óleo de pinhão-manso não compete diretamente no mercado alimentício, apesar de que Kumar & Sharma (2008), afirma existirem no México algumas variedades de *Jatropha curcas* sem toxicidade e que são consumidas por seres humanos. Assim sendo, o seu cultivo tem se destacado nas discussões sobre oleaginosas potencialmente voltadas para a produção de biodiesel (Achten et al., 2008).

Em geral, a época adequada para a colheita de determinada espécie, pode ser identificada por características como a coloração dos frutos mais escura, massa de matéria seca maior, teor de água menor, tamanho maior das sementes representando mais da metade do fruto, entre outras. Entretanto, diversos desses parâmetros quando avaliados em conjunto, contribuem na obtenção de lotes de sementes com maior qualidade e na identificação do ponto de máximo acúmulo de massa de matéria seca, inclusive de óleo, pelas sementes (Becker & Makkar, 2008; Singh et al., 2008).

Como qualquer outra cultura o pinhão vem sendo estudado e testado, a fim de melhorias nas taxas de produção e porcentagem de óleo na semente. Alguns trabalhos já realizados para a identificação do melhor estágio de maturação visando características como viabilidade das sementes e teor de óleo já foram realizados, apesar de muitas vezes

apresentarem resultados divergentes, como realizados por Santos et al., (2012) e Pessoa et al., (2012).

Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar o estágio de maturação do fruto mais adequado à colheita, levando em consideração características referentes ao teor de óleo, massa seca e algumas variáveis intrínsecas dos frutos e das sementes de pinhão manso, identificando também, quais dessas características podem ser utilizadas como parâmetro que indique maior teor de óleo nas sementes.

Material e métodos

Os frutos utilizados nas análises foram coletados na fazenda experimental da UNIOESTE, localizada no município de Pato Bragado – PR, em fevereiro de 2013 e fevereiro de 2014. A área tem solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico de textura argilosa (Embrapa 2006) e o clima é classificado por Köppen e Geiger como Cfa, com precipitação média anual de 1637 mm. As plantas de pinhão manso fazem parte de uma integração lavoura pecuária, sendo suas entrelinhas ocupadas com capim braquiária. Todas as plantas foram conduzidas da mesma forma, sendo que nenhuma adubação ou controle químico foi feito as plantas no período da realização dos levantamentos.

Tratando-se de uma planta com longo período de florescimento, no período da coleta as plantas de pinhão manso estavam carregadas de frutos, contendo todos os estádios de maturação que se objetivava avaliar, sendo eles: verde (VE), amarelo (AM), marrom amarelado (MA) e marrom ainda na planta (MP), ou seja, antes da queda, conforme consta na Figura 1. Foram coletados aleatoriamente 150 frutos de cada estágio de maturação, variando-se as plantas e em áreas distintas do campo.



Figura 1. Diferentes estádios de maturação dos frutos coletados

Depois de coletados os frutos foram levados rapidamente ao laboratório, onde foram feitas as análises das variáveis dependentes do fruto fresco, sendo estas variáveis: comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), espessura do fruto (EF) e porcentagem de umidade dos frutos (UF); comprimento da semente (CS), largura da semente (LS) e umidade das sementes (US), sendo cada uma dessas características agrupadas e atribuídas a seu respectivo estágio de maturação. Além dessas variáveis que dependiam do fruto fresco, realizou-se, também, a determinação de massa seca dos frutos (MS), massa seca das sementes (MS) e teor de óleo nas sementes (TO%).

Para a medição do CF, LF e EF, utilizou-se um paquímetro digital. Foram realizadas 10 repetições para cada estágio de maturação, sendo cada repetição oriunda da média de três frutos, coletados aleatoriamente.

Por último, para que se avaliasse a variável UF (%), foram feitas 10 repetições para cada estágio de maturação, sendo cada repetição constituída de 20 frutos selecionados aleatoriamente. Os frutos foram pesados em balança analítica para obtenção da massa fresca. Posteriormente os frutos foram levados à estufa a 103°C, onde permaneceram até atingir massa constante, seguindo a metodologia de Brasil (2009). Em seguida pesou-se a massa seca dos frutos (MS) e determinar o teor de umidade dos frutos (UF) a partir da seguinte equação:

$$UF(\%) = \frac{MF-MS}{MF} \times 100$$

Onde: UF (%)= porcentagem de umidade do fruto; MF= Massa Fresca do fruto; MS= Massa Seca do fruto.

Nas medições de CS e LS, foram feitos cinco grupos de 100 sementes, para cada estágio de maturação. De cada grupo, ao acaso, retiraram-se três sementes e com o uso de um paquímetro foram feitas as medições (CS, LS), resultando, ao final, 15 repetições de cada um dos estágios de maturação para cada uma das variáveis. Para a medição do teor de umidade das sementes (US), todas as 100 sementes de cada grupo foram pesadas em conjunto e posteriormente foram levadas para a estufa a 103°C, até atingirem peso constante, resultando na massa seca das sementes (MS). Para as pesagens utilizou-se balança analítica.

Para se calcular a porcentagem de umidade nas sementes utilizou-se o seguinte calculo:

$$US(\%) = \frac{MF-MS}{MF} \times 100$$

Onde: US (%)= porcentagem de umidade da semente; MF= Massa Fresca; MS= Massa Seca.

Posteriormente, selecionou-se ao acaso 5 repetições de amostras de cada estágio de maturação das sementes utilizadas nas medições já citadas, sendo que cada repetição continha em média 100 sementes. Estas foram submetidas a uma análise de ressonância magnética nuclear, no Laboratório de Melhoramento de Oleaginosas da Universidade Federal de Viçosa, que visa obter o teor de óleo (TO%) presente nas sementes.

Os resultados obtidos em cada um dos anos foram analisados separadamente e depois comparados. Todos os resultados obtidos passaram por teste de Tukey 5% pelo software Genes

Resultados e discussão

A partir da Tabela 1, é possível notar que nos dois anos, quanto mais distante do amadurecimento, o fruto tem maiores dimensões das variáveis CF, LF e EF. Isso deve-se especialmente a umidade presente nos frutos mais jovens. Nesta espécie de planta como em muitas outras, o amadurecimento dos frutos faz com que os mesmos comecem a senescer, ocasionando uma perda drástica de umidade, para que ao secar. Entretanto, este trabalho diverge do apresentado por Santos et al. (2012), onde apenas os frutos marrons apresentam média de umidade inferior à dos outros estágios de maturação. Quanto a largura (LF) e espessura do fruto (EF), ainda segundo o mesmo autor, o estágio VE apresenta menores dimensões que AM e MA, diferentemente deste trabalho, aonde os frutos VE tiveram as maiores médias para ambas as variáveis, assim como o encontrado por Pessoa et al. (2012).

Tabela 1. Valores médios das variáveis dos frutos de pinhão manso em diferentes estágios de maturação em 2013 e 2014

Tratamentos	2013				
	CF (mm)	LF (mm)	EF (mm)	UF (%)	MS (g)
VE	30,74 a	26,86 a	27,57 a	81,58 a	21,60 a
AM	30,40 a	26,26 a	26,27 b	77,32 b	25,30 a
MA	28,35 b	23,94 b	24,33 c	67,15 c	25,20 a

MP	24,21 c	20,62 c	20,66 d	8,27 d	22,31 a
2014					
VE	30,70 a	27,12 a	28,78 a	87,05 a	17,09 c
AM	31,49 a	25,76 ab	27,84 ab	78,84 b	26,59 a
MA	29,28 a	24,67 b	26,34 b	72,22 c	23,65 ab
MP	26,18 b	20,47 c	20,81 c	29,56 d	22,64 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Levando em conta a análise da massa seca, observa-se que mesmo que os frutos AM e MA tenham dimensões menores que VE, estes possuem o teor de massa seca acumulada maior em relação ao estágio menos maduro do fruto, apesar dessa diferença não ter sido detectada em 2013. Ainda em relação a massa seca, pode-se observar que em 2014, após o estágio AM, houve uma queda no percentual de massa seca nos estádios seguintes.

Analisando as Tabela 2, pode-se observar o mesmo comportamento das sementes para com os frutos, tendo uma redução nas dimensões conforme o amadurecimento dos frutos, decorrente da perda de umidade, entretanto, maior acúmulo de matéria seca a partir do estágio AM em ambos os anos, semelhante ao apresentado por Santos et al. (2012), sendo nos dois anos, o estágio VE a apresentar a menor massa seca das sementes.

Tabela 2. Valores médios das variáveis das sementes de pinhão manso em diferentes estádios de maturação em 2013 e 2014.

2013					
Tratamentos	CS (mm)	LS (mm)	US (%)	MS (g)	Teor de Óleo (%)
VE	17,59 a	8,03 a	53,58 a	50,86 b	25,69 b
AM	17,57 a	8,04 a	42,77 b	60,87 a	36,85 a
MA	17,37 a	8,11 a	39,71 b	55,98 ab	33,98 a
MP	17,59 a	7,82 a	7,47 c	61,75 a	36,36 a
2014					

VE	21,11 a	9,12 a	66,88 a	39,47 b	19,70 b
AM	20,97 a	8,78 ab	42,25 b	60,82 a	27,05 a
MA	20,36 a	8,94 ab	37,21 c	61,09 a	23,71 ab
MP	18,61 b	8,47 b	19,69 d	56,31 a	22,22 b

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Segundo um trabalho realizado por Laviola et al. (2008), com esse acúmulo de massa seca ocorre ainda incremento no teor de óleo e de nutrientes nas sementes. Essa tendência realmente pode ser observada no ano de 2013 onde o teor de óleo após o amadurecimento dos frutos atinge o seu potencial máximo e que se mantém, mesmo que não aumente a partir do estágio AM, resultado este, semelhante ao observado por Pessoa et al. (2012). Todavia, quando se analisa o valor obtido do teor de óleo em 2014 (Tabela 4), pode-se notar que há uma diminuição do teor de óleo no estágio MP, onde o teste de médias se apresentou exatamente igual a massa seca dos frutos em 2014, de forma que a média aumentou drasticamente entre VE, e AM, sendo VE a menor média (MSF:17,09%; TO:19,70%) e AM a maior (MSF: 26,59%; TO: 27,05%), porém a média sofre uma queda tanto no teor de óleo como massa seca dos frutos nos estádios seguintes (MA e MP). Isso se deve ao fato principalmente dos frutos terem sido colhidos na mesma época, ou seja, os frutos já em estádios de maturação mais avançados sofreram estresse hídrico no período de floração e desenvolvimento, o que interferiu na formação de óleo nas sementes, enquanto os frutos mais jovens ainda nem estavam em formação nesse período, não tendo sofrido esse estresse. Esse efeito de redução na massa seca e teor de óleo nas sementes a partir do estresse hídrico é verificado por Castro et al. (2006), na produção de girassol. Além disso, de acordo com Corvello et al. (1999), a manutenção da umidade nos frutos, durante o período de maturação dos frutos é importante no processo de transporte e deposição de fotossintetizados vindos a partir das folhas da planta-mãe, sendo estes fotossintetizados fundamentais na posterior formação reservas e de óleo na semente, o que explica essa queda no teor de óleo nos estádios de maturação mais avançados.

Para sustentar essa hipótese, pode-se observar no Gráfico 1, que os frutos colhidos em 2013, tiveram uma disponibilidade hídrica muito maior (com exceção no mês de novembro), que os frutos colhidos em 2014, sendo este um fator importante para se considerar os resultados obtidos.

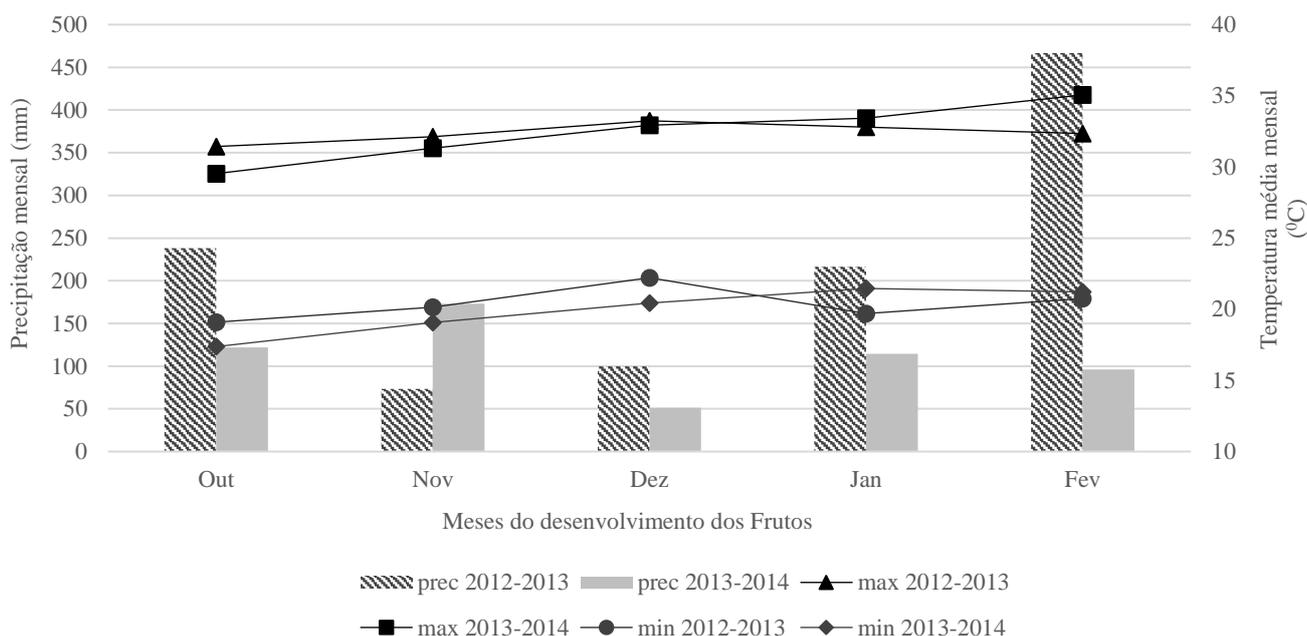


Gráfico 1. Precipitação mensal (prec) e temperaturas máximas (max) e mínimas (min), para o município de Pato Bragado – PR, nas safras 2012-2013 (12/13) e 2013-2014 (13-14) fonte: SIMEPAR, 2016

Independentemente de fatores externos, pode-se observar então, que o estádio com maior teor de óleo em ambos os anos, foram os frutos AM, já que possivelmente depois deste estádio as sementes podem sofrer uma pequena perda na concentração de óleo, portanto AM seria o melhor estádio para colheita dos frutos em 2014 considerando a produção de óleo, sendo o mesmo estádio de colheita que o recomendado por Becker e Makkar (2008). Ressalta-se, entretanto, que em mesmo trabalho realizado por Santos et al. (2012), o teor de óleo contido nas sementes é estatisticamente maior nos estádios MA e MP, porém o mesmo autor afirma poder haver correlação entre o acumulo de óleo com fatores genéticos e de campo durante a fase de maturação dos frutos, justificando a divergência entre os trabalhos.

Apesar de não avaliado neste trabalho, outro fator que somado ao alto rendimento de óleo nas sementes faz com que o estádio AM seja mais interessante no momento da colheita, é o índice de acidez do óleo extraído, onde segundo Santos et al. (2012), esta acidez tende a aumentar conforme o fruto atinge estádios de maturação mais avançados, ou seja, frutos completamente marrons tendem a ter maior acidez, o que é pouco interessante considerando o uso industrial do óleo.

Outra vantagem ainda de frutos colhidos no estágio AM, é que neste estádios as sementes apresentam máxima expressão de viabilidade, ou seja, na utilização das sementes como forma de propagação, as do estágio AM seriam melhores (PESSOA, et al., 2012).

Para contrastar a variação proporcionada pelos dois anos, a tabela 3 apresenta o teste de média comparado os resultados dos dois diferentes anos.

Tabela 3. Teor de óleo em porcentagem (%) das sementes em diferentes estádios de maturação de pinhão manso nos anos de 2013 e 2014

Ano	VE	AM	MA	MP
2013	25,69 Ab	36,85 Aa	33,98 Aa	36,36 Aa
2014	19,70 Bb	27,05 Ba	23,71 Bab	22,22 Bb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Observando a Tabela 3, pode-se notar que em todos os estádios de maturação houve diferença significativa entre os dois anos, ou seja, nenhum estágio de maturação apresentou uma produção de óleo semelhante ao mesmo estágio de maturação do ano seguinte, o que mostra uma forte interação entre o rendimento de óleo com os fatores ambientais e temporais. Essa diferença relatada pode ser resumida com a comparação da média do teor de óleo de todos os estádios de maturação de cada ano, onde a média em 2013 foi de 33,22%, enquanto em 2014 a média foi de 23,17%, o que mostra a grande superioridade no teor de óleo dos frutos colhidos em 2013, que não sofreram com estresse hídrico naquele período.

Por fim, para se identificar parâmetros eficiente na identificação do melhor momento para colheita, a Tabela 4 apresenta a correlação entre a variáveis.

Tabela 4. Correlação entre as variáveis dos frutos e das sementes de 2013 e 2014

2013										
	CS	LS	US	MSS	TO%	CF	LF	EF	UF	MSF
CS	1									
LS	0,622	1								
US	-0,154	0,851	1							
MSS	0,145	-0,528	-0,738	1						
TO%	-0,144	-0,289	-0,631	0,954	1					
CF	-0,024	0,797	0,973	-0,586	-0,506	1				
LF	0,076	0,732	0,961	-0,596	-0,546	0,994	1			
EF	0,054	0,739	0,976	-0,670	-0,618	0,989	0,995	1		
UF	-0,206	0,894	0,984	-0,616	-0,485	0,983	0,960	0,961	1	
MSF	-0,623	0,576	0,167	0,382	0,616	0,233	0,146	0,089	0,328	1
2014										
	CS	LS	US	MSS	TO%	CF	LF	EF	UF	MSF
CS	1									
LS	0,858	1								
US	0,859	0,912	1							
MSS	-0,302	-0,545	-0,745	1						
TO%	0,135	-0,314	-0,372	0,835	1					
CF	0,978	0,732	0,770	-0,181	0,306	1				
LF	0,989	0,912	0,921	-0,428	-0,011	0,942	1			
EF	0,998	0,888	0,881	-0,342	0,079	0,964	0,996	1		
UF	0,993	0,909	0,876	-0,331	0,062	0,948	0,993	0,998	1	
MSF	-0,132	-0,516	-0,613	0,945	0,960	0,033	-0,274	-0,185	-0,194	1

Na correlação entre as variáveis de 2013, observa-se uma grande interação entre CF, LF e EF, onde todas tiveram correlação positiva superior a 0,9. Essas variáveis ainda quando

comparadas com a UF, também apresentaram correlação positiva e superior a 0,9, logo quanto maior a umidade presente nos frutos, maiores são suas medidas.

A massa seca, tanto dos frutos como das sementes por sua vez, pouco se relacionam com as dimensões dos frutos e sementes. Em contrapartida, tanto a MSS quanto a MSF, são as únicas variáveis a apresentar correlação positiva com o teor de óleo nas sementes (TO%), apresentando valores de 0,954 e 0,616 respectivamente, podendo ser (principalmente MSS), ótimos indicadores para momento de colheita dos frutos, levando em consideração o teor de óleo.

Assim como em 2013, no ano de 2014 a correlação entre as dimensões dos frutos também foi alta, porém essas variáveis pouco interferem na MSS e MSF. Estas duas últimas variáveis, a exemplo de 2014, apresentam grande correlação positiva com o TO%, sendo de 0,835 para MSS e 0,960 para MSF. Dessa forma, pode-se dizer que em ambos os anos, a massa seca, tanto dos frutos, como das sementes, consiste em um indicador muito eficiente para se saber se o teor de óleo nas sementes está alto, levando em conta de que quanto maior a massa seca, maior o teor de óleo.

Conclusão

Frutos mais distantes do amadurecimento (VE), apresentam maiores médias de dimensões e umidade.

A dimensão dos frutos e sementes não devem ser utilizados sozinhos como parâmetros de indicação de estágio adequado para colheita dos frutos.

A massa seca dos frutos e das sementes tende a ser a variável, mas ligada ao teor de óleo das sementes, por isso é um parâmetro em potencial para determinação da época da colheita dos frutos, visado a produção de óleo

Pode-se dizer com este estudo que os estádios de maturação mais adequados a colheita de pinhão manso encontrem-se após o amarelecimento dos frutos, quando os mesmos apresentam quantidade de óleo mais elevada.

REFERÊNCIAS

Achten, W.M.J.; Verchot, L.; Franken, E.M.; Singh, V.P; Aerts, R.; Muys, B. Jatropha biodiesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, n.32, p.1063-1084, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.03.003>>.

Andrade, G.A.; Caramori, P.H.; Souza, F.S.de; Marur, C.J.; Ribeiro, A.M.A. Temperatura mínima letal para plantas jovens de pinhão-manso. *Bragantia*, Campinas, SP, v.67, n.3, p.799-803, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000300031>>.

Becker, K.; Makkar, H.P.S. Jatropha curcas: A potential source fortomorrow's oil and biodiesel. *Lipid Technology*, vol.30, n.5, p.104-107, 2008. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/lite.200800023/abstract>>.

Berchmans, H.J.; Hirata, S. Biodiesel production from crude Jatropha curcas L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology*, n.99, p.1716-1721, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.03.051>>.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 2009, 365p.

Castro, C.; Moreira, A.; Oliveira, R.F.; Dechen, A.R. Boro e estresse hídrico na produção de girassol. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000200004>>.

Corvello, W. B. V.; Villela, F. A.; Nedel, J. L.; Peske, S. T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.21, p.23-27, 1999. <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1999/v21n2/artigo04.pdf>>.

Dias, L.A.S.; Muller, M.; Freire, E. Potencial do uso de oleaginosas arbóreas em sistemas silvipastoris. In: Fernandes EM, Paciullo DSC, Castro CRT, Muller MD, Arcuri PB, Carneiro

JC (Org.). Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, 2008. p. 283-314.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 2° ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SOLOS, 2006. 360p.

Goel, G.; Makkar, H.P.S.; Francis, G.; Becker, K. Phorbolsters: structure, occurrence and biological activity. **Int J Toxicol**, v.26, n.1, p. 279–88, 2007. <[10.1080/10915810701464641](https://doi.org/10.1080/10915810701464641)>.

Kumar, A; Sharma, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*, v.28, n.1, p.1-10. 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.001>>.

Laviola, B.G.; Dias, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.1969-1975, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500018>>.

Oliveira L.E.; Silva M.L.C.P.da. Comparative study of calorific value of rapeseed, soybean, *Jatropha curcas* and crambe biodiesel. International conference on Renewable Energies and Power Quality. Bilbao, Spain, n.11, 2013.

Pessoa, A.M.S.; Mann, R.S.; Santos, A.G.; Ribeiro, M.L.F. Influência da maturação de frutos na germinação, vigor e teor de óleo de sementes de Pinhão-mansão. *Scientia Plena*, v.8, n.7, p.01-11, 2012. <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/407>>. 29 Dez. 2012.

Raffi, M.Y.; Shabanimofrad, M.; et al. Analysis of the genetic diversity of physic nut, *Jatropha curcas* L. accessions using RAPD markers. *Molecular Biology Reports*, v.39, n.6, p.6505-6511, 2012. <[10.1007/s11033-012-1478-2](https://doi.org/10.1007/s11033-012-1478-2)>.

Santos, S.B.; Martins, M.A.; Aguilar, P.R.M.; Caneschi, A.L.; Carneiro, A.C.O.; Dias, L.A.S. Acúmulo de matéria seca e óleo nas sementes de pinhão-mansão e qualidade do óleo extraído.

Engenharia Agrícola Brasileira e Ambiental, v.16, n.2, p.209–215, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000200012>>.

Schock, A.A.; Ramm, A.; Martinazzo, E.G.; Silva, D.M.; Bacarin, M.A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.18, n.1, p.3-9, 2014. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100001>>.

Singh, R.N.; Vyas, D.K.; Srivastava, N.S.L.; Narra, M. Spreri experience on holistic approach to utilize all parts of jatropha curcas fruit for energy, Renewable Energy, v.33, n.8, p.1868-1873, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2007.10.007>>.

Souza, A.D.V.; Fávaro, S.P.; Ítavo, L.C.; Roscoe, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília,DF, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001000017>>.