



Núcleo de Meio Ambiente
 Universidade Federal do Pará
 Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
 Belém, Pará, Brasil
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Bruna de Araújo Braga

Universidade Federal do Oeste do Pará
 brunabrag4@gmail.com

Milca Aires Ferreira

Universidade Federal do Oeste do Pará
 milkaaires@gmail.com

Bruno Monteiro Balboni

Universidade de São Paulo
 bruno.balboni@usp.br

UTILIZAÇÃO DE ESTIPES DE *Euterpe oleracea* (Mart.) COMO VIGAS EM COMUNIDADE RURAIS DA AMAZÔNIA

RESUMO: Devido à disponibilidade de estipes de açazeiro em comunidades rurais Amazônicas, objetivou-se avaliar o uso destes caules como vigas. Adaptações do equipamento e de normas foram realizadas para ensaiar estipes na flexão estática tanto verdes como secos ao ar. Embora a rigidez tenha sido diferente, estipes verdes e secos apresentaram a mesma resistência. Caules mais finos possuem maiores módulos de ruptura e elasticidade, mas os de maiores diâmetros são os que suportam maior carga. A perda da porção central nos caules secos afetou em maior grau a resistência, e em menor a rigidez. Os estipes são indicados para construções leves, de menor exigência estrutural, como construções com cobertura de palha ou telha de fibrocimento.

PALAVRAS-CHAVE: Açazeiro, Flexão estática, Resíduos.

USE OF *Euterpe oleracea* (Mart.) STEMS AS BEAMS IN RURAL AMAZON COMMUNITIES

ABSTRACT: Due to the availability of açai berry stems in rural Amazon communities, we aimed to evaluate the use of these stems as beams. Adaptations on the equipment and standards were realized to test green and air dry stems. Although stiffness was different, the strength of green and dry stems did not differ. Thinner stems have greater moduli of rupture and elasticity, however, thicker stems support higher loads. The loss of the central zone on dry stems affected more significantly strength than stiffness. The stems are indicated for light constructions, of lower structural demand, such as buildings covered with straw or fiber cement tile.

KEYWORDS: Açai berry palm tree, Static bending, Residue.

Recebido em: 2019-10-05
 Avaliado em: 2020-07-09
 Aceito em: 2020-07-15

UTILIZACIÓN DE TALLOS DE *Euterpe oleracea* (Mart.) COMO VIGAS EN COMUNIDADES RURALES AMAZÓNICAS

RESUMEN: Debido a la disponibilidad de tallos del *naidí* en comunidades rurales Amazónicas, el objetivo fue evaluar el uso de estos tallos como vigas. Adaptaciones del equipamiento y de normas fueron realizadas para ensayar los tallos en flexión estática en las condiciones verde y seco al aire. Aunque la rigidez haya sido diferente, tallos verdes y secos presentaran la misma resistencia. Tallos delgados tienen mayores módulos de ruptura y elasticidad, sin embargo, los tallos gruesos soportan cargas más altas. La pérdida de la porción central en los tallos secos afectó en mayor grado la elasticidad y en menor la resistencia. Los tallos de *naidí* son indicados para construcciones ligeras, de menor exigencia estructural, como las cubiertas con paja o teja de fibrocemento.

PALABRAS CLAVES: Palma *naidí*, Flexión estática, Residuo.

No Brasil há uma grande diversidade de palmeiras nativas, e na Amazônia, representam uma das famílias de maior importância socioeconômica e ambiental (SANTOS et al., 2017; VIANA et al., 2014).

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é um exemplo de palmeira amazônica que apresenta diversos usos, no entanto, o palmito e o fruto apresentam maior importância econômica e social na vida das populações dessa região, em especial nos estados do Pará e Amapá (YOKOMIZO et al., 2012).

Os açazais, nativos ou cultivados, costumam ser manejados para que haja um aumento na produtividade dos

frutos através do desbaste de estipes excedentes, dessa forma, o produtor mantém de 3 a 5 estipes por indivíduo (QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2012). Uma vez que o número de perfilhações pode chegar a 25 por touceira, a eliminação dos estipes pode acarretar uma grande geração de resíduos (KANG et al., 2012; QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2012) que, atualmente, é subutilizado.

Sabendo-se da utilização destes caules por parte das comunidades tradicionais na composição de estruturas de moradia, galpões, decks e pontes (QUARESMA SOUSA et al., 2009), objetivou-se a avaliação das propriedades mecânicas na flexão

estática dos estipes inteiros de *Euterpe oleracea*, nos estados verde e seco ao ar.

Após identificação no local pelo Prof. Dr. João Thiago Rodrigues de Sousa, foram coletados nos entornos da cidade de Santarém - PA, 26 estipes de *E. oleracea* do centro das touceiras, visando se obter caules mais retilíneos, sendo um estipe por touceira. O corte destes foi realizado a 30 cm do chão, sendo os estipes seccionados novamente para a obtenção de corpos de prova com 1,80 m de comprimento.

Os estipes foram levados ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), onde amostras foram depositadas na xiloteca presente no próprio laboratório.

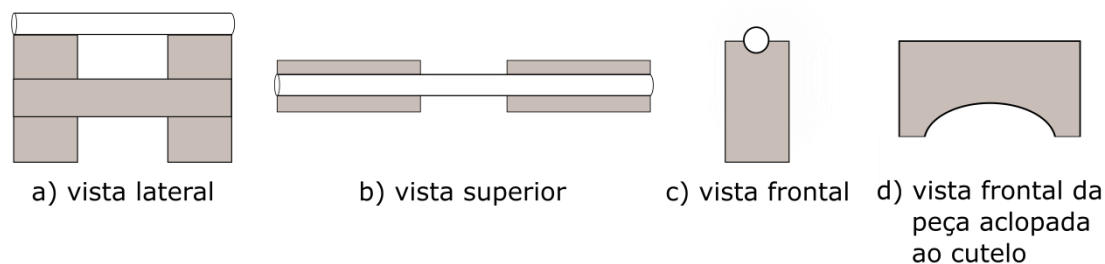
Os ensaios mecânicos foram realizados em estipes verdes e a 12% de umidade. Enquanto os verdes foram ensaiados assim que chegaram ao laboratório, os demais foram alocados em uma sala de aclimação a 25° C e 65% de umidade, até atingirem o equilíbrio higroscópico a 12% de teor de água. Inicialmente, 13 estipes foram

destinados ao tratamento verde e os demais ao seco. Todavia, quatro estipes foram descartados do último tratamento, por não estarem em perfeito estado.

Os ensaios de flexão estática realizados em máquina universal de ensaios (EMIC 300kN) sofreram uma adaptação técnica, a fim de que estas servissem de suporte para a forma roliça dos estipes. Foram confeccionadas peças de madeira com concavidade de 5 cm na extremidade superior, de 25cm x 15cm x 80cm (Figura 1a, 1b e 1c), em substituição aos suportes originais de ensaio. Na parte superior foi adicionada outra peça retangular de 25 x 20 cm, com uma concavidade (Figura 1d) para que essa se encaixasse ao corpo cilíndrico do estipe e, dessa forma, o cutelo entre em contato com uma superfície plana no momento de aplicação da força.

Para o cálculo dos módulos de ruptura e de elasticidade, foi adotada a norma brasileira NBR7190 (ABNT, 1997), e a adaptação do momento de inércia de seção circular. Após os ensaios, as amostras foram depositadas na Xiloteca.

Figura 1. Vistas das Peças para adaptação técnica



A análise estatística foi realizada utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019), onde os valores foram submetidos ao teste T após a confirmação de normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Além disso, as variáveis estudadas foram submetidas ao teste de correlação de Pearson. Todos os testes foram realizados com o nível a 5% de significância.

Os valores médios de módulo de ruptura não apresentaram diferença entre os dois tratamentos avaliados (Tabela 1). Já o módulo de elasticidade foi diferente quando os estipes estavam em estado verde e seco, sendo os últimos mais rígidos que os primeiros. Tanto na resistência quanto na rigidez os maiores coeficientes de variação foram obtidos para os estipes verdes.

Tabela 1. Resistência e rigidez à flexão estática dos estipes verdes e a 12% de umidade

	Resistência (MPa)		Rigidez (GPa)		Diâmetro (mm)	
	Secos	Verde	Secos	Verde	Secos	Verde
Média	32,87 ns	36,21 ns	7,09 *	4,14 *	93 ns	109,00 ns
Desv. Pad.	10,27	12,18	2,75	2,03	18,44	24,75
Máximo	43,51	60,63	10,11	8,02	118,0	151,00
Mínimo	16,04	21,93	2,43	1,21	65,00	73,00
CV (%)	31,23	33,64	38,79	49,06	19,83	22,71

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os estipes de açazeiro, em ambas as condições de umidade, apresentaram alto coeficiente de variação na resistência e rigidez. A heterogeneidade da espessura da zona periférica do estipe pode ser uma causa destas grandes variações observadas, já que é muito mais resistente que a porção central (BALBONI et al., 2019). Como este material mais rígido e resistente está localizada na porção onde maiores tensões são geradas na flexão, pequenas variações de espessura desta camada resultam em grandes variações de resistência e rigidez do estipe inteiro.

De uma forma geral, os materiais lignocelulósicos possuem propriedades mecânicas superiores quando secos, devido ao maior adensamento e rigidez das paredes celulares, bem como pelo aumento da porcentagem de material lenhoso, ocasionado pela perda de água e contração da madeira (KRETSCHMANN, 2008). Por exemplo, quando verde, a madeira de *Carya illinoensis* apresentou 50,73 MPa de resistência à flexão estática, à 12% de umidade, esse valor chegou a 82,96 MPa, 63,53% mais resistente

(STANGERLIN et al., 2010). No entanto, no açazeiro observou-se o inverso, onde o estipe verde foi cerca de 10,16% mais resistente.

O açazeiro é uma monocotiledônea, e diferente das espécies madeireiras, não apresenta xilema secundário (JURA-MORAWIEC et al., 2015). No entanto, seu comportamento mecânico é similar aos de madeiras de mesma densidade na compressão paralela (BALBONI et al., 2019).

Após os ensaios, notou-se que a porção central de alguns estipes se encontrava deteriorada em toda sua extensão, como reportado na literatura (BALBONI et al., 2019). Na maioria dos casos, antes dos estipes estarem secos, o centro já havia apodrecido por causa de seu próprio teor de umidade, mesmo que estivessem em sala de aclimatação com umidade de equilíbrio de 12%.

Ainda que a porção central do estipe seja muito menos resistente e rígida (BALBONI et al., 2019), sua presença nos estipes verdes auxilia que a zona periférica superior se mantenha afastada da zona periférica inferior ao ser aplicada carga. A ausência da porção central nos

estipes secos torna estes caules mais sensíveis à força cortante, resultando em maior fragilidade, ainda que o material em si, seja muito provavelmente mais resistente no estado seco.

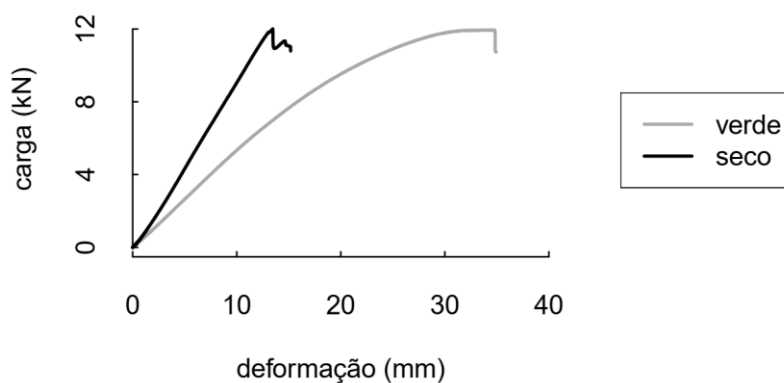
Com isso, o estipe seco praticamente não apresenta comportamento plástico, se rompendo logo após a ultrapassar o limite elástico, enquanto no verde se observa não só um menor módulo de elasticidade, mas também grande deformação sob o comportamento plástico (Figura 2).

Caules de palmeiras são bastante flexíveis, era esperado o comportamento

relatado nos estipes verdes. Pequenos diâmetros aliados aos baixos valores de módulo de elasticidade, provavelmente são os responsáveis por esta alta flexibilidade observada, que as mantém em pé mesmo após fortes ventos e até furacões, como comumente visto na mídia internacional.

Pensando-se no uso dos estipes como vigas, é importante notar que, tanto no estado verde como no seco, os caules com os menores diâmetros foram os que apresentaram os maiores valores de resistência e rigidez (Figura 3A e 3B).

Figura 2. Curvas de carga x deformação para estipes verde e seco de aproximadamente 112 mm de diâmetro



Fonte: Elaborado pelo autor

Os estipes mais finos são encontrados principalmente em florestas mais fechadas, já que, precisam competir por luz com as plantas ao seu redor. Estes estipes necessitam compensar seus pequenos diâmetros, com maiores módulos de ruptura e elasticidade. Os estipes com maiores módulos de ruptura também apresentaram maiores módulos de elasticidade (Figura 3C).

Embora os caules mais finos sejam mais eficientes, são os estipes espessos que apresentam os maiores valores de capacidade de carga (Figura 3A). Como em peças cilíndricas o momento de inércia é influenciado pela quarta potência do diâmetro, pequenos aumentos no diâmetro resultam em grandes incrementos na capacidade de carga. Ou seja, quando for necessário suportar estruturas forças maiores sem preocupação com o peso da estrutura, os estipes de maiores diâmetros devem ser utilizados. No entanto, quando for necessária uma estrutura mais leve, os estipes menos espessos devem ser utilizados.

As relações entre todas as variáveis foram significativas (Tabela 2), à exceção

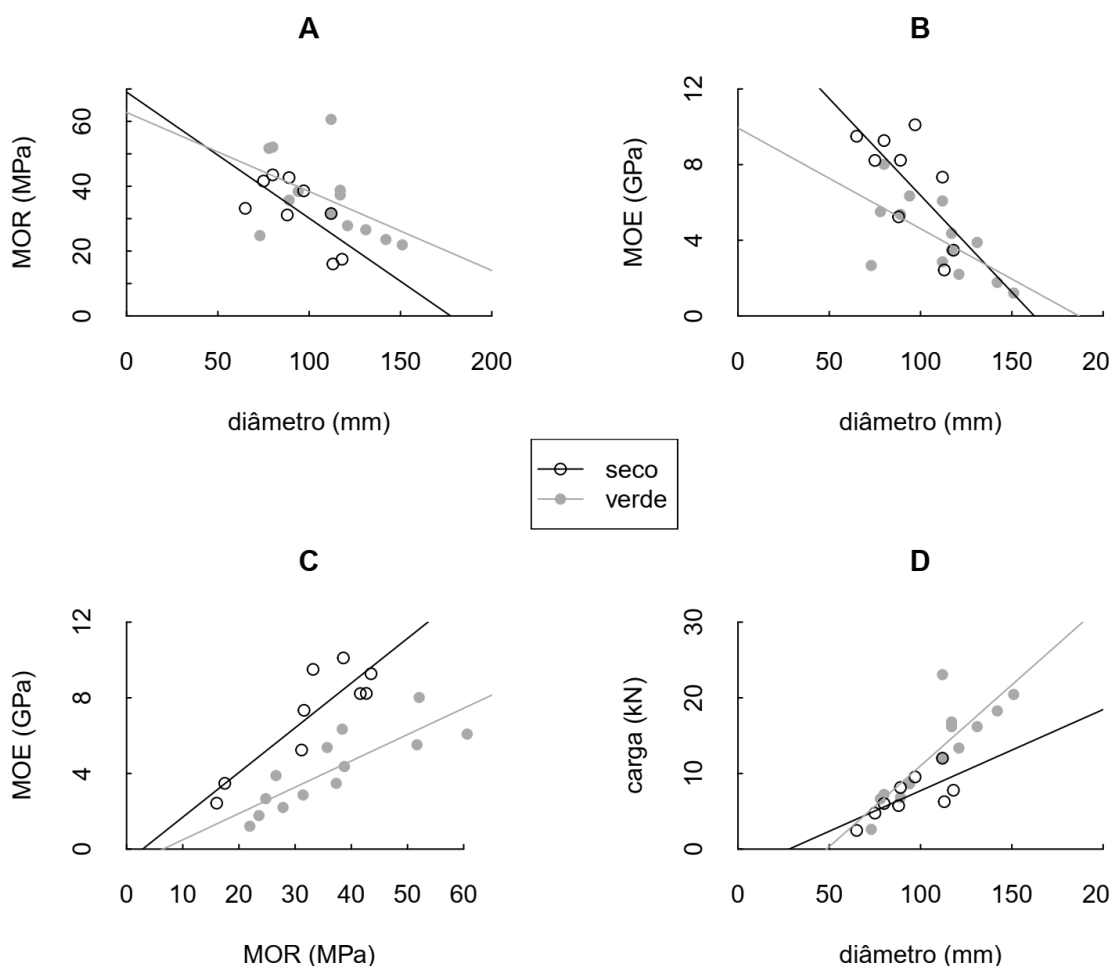
da relação entre a resistência e o diâmetro no estado verde, a qual apresentou alguns pontos discrepantes (Figura 3A), no entanto, uma maior amostragem provavelmente retornaria relação significativa. Dessa forma, notou-se que os estipes de menor diâmetro apresentam maior rigidez em ambos os tratamentos, devido sua relação negativa, bem como maior resistência, no caso dos estipes secos ao ar.

Comparado a outros materiais, como os colmos de bambu (*Bambusa vulgaris vittata*), o açazeiro teve resistência três vezes menor (DA MOTA et al., 2017). Na rigidez a espécie também foi inferior, em ambas as condições de umidade, tendo em vista a rigidez de 11,25 GPa do bambu. Em contrapartida, o bambu é oco e tem nós com diafragma, que é uma zona sólida com feixes fibrovasculares (GHAVAMI; MARINHO, 2005). Tais distinções podem ter conferido mais resistência e rigidez ao colmo do bambu em comparação ao açazeiro. Batista et al. (2018), estudando as propriedades mecânicas de ripas retiradas da zona periférica do estipe

de açazeiro, encontraram módulo de ruptura na flexão estática o de 105,77 MPa, mostrando que a porção da borda possui o dobro da resistência dos estipes inteiros. Esta é, portanto, uma forma interessante de utilização do estipe, que otimiza suas propriedades mecânicas, mas devido às limitações de dimensões, é

necessária a junção de pequenas peças, por meio de adesivos, para formar peças maiores. Dessa forma, são necessários estudos mais aprofundados para painéis confeccionados com a zona periférica do estipe, tais como suas propriedades na flexão estática, resistência na linha de cola e trabalhabilidade.

Figura 3. Regressão Linear das variáveis avaliadas nas condições verde e seca.



MOE: Módulo de Elasticidade, MOR: Módulo de Ruptura
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2. R² e p-valor das correlações das características avaliadas.

Correlações	Seco	Verde
MOE x diâmetro	-0.6859 (0.0413)	-0.6494 (0.0163)
MOR x diâmetro	-0.6986 (0.0362)	-0.4953 (0.0852)
MOR x MOE	0.8819 (0.0016)	0.8352 (0.0003)
Carga x diâmetro	0.7099 (0.0321)	0.8552 (0.0001)

MOE: Módulo de Elasticidade, MOR: Módulo de Ruptura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda que os estipes de açazeiro apresentem resistência e rigidez inferiores aos de colmos de bambu e de madeiras utilizadas para estruturas, eles são passíveis de utilização como vigas em construções rústicas. Pelo fato de a rigidez ser menor, os estipes apresentam maior deformação ao serem utilizados no estado verde. Porém, como tanto no estado verde quanto no seco a resistência é muito similar, eles podem ser utilizados independente de seu estado.

Os estipes de açazeiros são uma fonte de matéria prima de grande oferta para as comunidades tradicionais ribeirinhas Amazônicas, as similaridades de resistência nos estados de umidade os tornam também uma matéria prima de pronta utilização. As baixas propriedades na flexão estática quando comparadas a outras matérias

primas usuais na região não são tão problemáticas quando se tem em mente que as coberturas são, quase em sua totalidade, confeccionadas de materiais de alta leveza, como palhas e telhas de fibrocimento. O uso de estruturas com maior peso pode ser feito com estipes mais espessos ou o uso de pilares mais próximos entre si, ou seja, a diminuição do vão entre apoios na flexão.

Como forma de destinar os resíduos do manejo dos açazeis e diminuir os custos com as construções rurais, os estipes excedentes dos açazeis podem ser aproveitados pelas comunidades ribeirinhas para usos em construções simples.

Outros estudos devem ser realizados para avaliar o uso das bordas do estipe em forma de ripas para a fabricação de painéis colados,

pois seria uma forma de agregar valor aos resíduos do açazeiro e diversificar a renda do produtor.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR -7190: Projetos e Estruturas de Madeira, 1997.

BALBONI, B.M.; SOUSA, J.T.R. de; FERREIRA, M. A.; RODRIGUES, R.A. de; MACEDO, A. B. Residue of açai berry (*Euterpe oleracea*) management as a source of lignocellulosic material.

European Journal of wood and wood products, 1-8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01417-8>.

BATISTA, A.S.; BRAGA, A. B. de; SOUSA, J.T.R. de; GARCIA, J.N.; BALBONI, B.M. Potencial do resíduo do manejo do açazeiro como substituto do bambu. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 16, Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira, 3., 2018, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 2018. p.6.

DA MOTA, I. O. de.; PEREIRA, M. A. de; DAMACENA, P. C.; SANTOS, L. C. B. dos. Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro (*Bambusa vulgaris vittata*) para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos de distribuição de água à baixa pressão. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 19, n. 1, p. 18-26, 2017.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 107-114, 2005.

KANG, J.; THAKALI, K. M.; XIE, C.; KONDO, M.; TONG, Y.; OU, B.; JENSEN, G.; MEDINA, M. B.; SCHAUSS, A. G.; WU, X. Bioactivities of açai (Euterpe precatoria Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. **Food Chemistry**, v. 133, n. 3, p. 671-677, 2012.

KRETSCHMANN DE. The influence of juvenile wood content on shear parallel, compression, and tension perpendicular to grain strength and mode I fracture toughness of loblolly pine at various ring orientation. **Forest Products Journal**, 58(7-8): 89-96, 2008.

QUARESMA DE SOUSA, J.; DA SILVA HOLANDA, B.; DE SOUSA LEÃO, K.; FREIRES, A., DIAS MENDES, R. Utilização dos Métodos da Bioconstrução para Implantação de Aviário Agroecológico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 2, dec. 2009.

QUEIROZ, J.A.L. de; MOCHIUTTI, S. Guia prático de manejo de açazais para produção de frutos. Macapá: Embrapa Amapá, 2012. 24p. (Embrapa Amapá. Doc., 26).

R development core team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, R

Foundation for Statistical Computing. 2019.

SANTOS, M. de F. G. dos; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; SILVA, S. M. de; SILVEIRA, M. R. S. da. Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. spe, 2017.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H.G. Propriedades de flexão estática da madeira de *Carya illinoensis* em duas condições de umidade. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 1, n. 2, 2010.

URA-MORAWIEC, J.; TULIK, M.; IQBAL, M. Meristemas laterais responsáveis pelo crescimento secundário dos

monocotiledôneas: um levantamento do estado da arte. **The Botanical Review**, v. 81, n. 2, p. 150-161, 2015.

VIANA, Á. L.; MADY, F. T. M.; CARMO, M. A.; GUIMARÃES, D. F. S. da. Pecíolo de inajá (*Maximiliana Maripa* (Aubl.) Drud) como fonte de matéria prima para produção de papel na Amazônia. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1512-1520, 2014.

YOKOMIZO, G. K.; QUEIROZ, J. A. L. de; CAVALCANTE, E. S. da; PINHEIRO, I. N. de; SILVA, P. A. R. da; MOCHIUTTI, S. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de *Euterpe oleracea* coletados no Afuá-Pará nas condições do Amapá. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 205-213, 2012.