



DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO PARA TRITURAÇÃO DE COCO VERDE

R. H. Simonetti¹, M. S. Guimarães¹, J. S. Pinto¹, M. Silva¹,
I. de A. Nääs^{2*}

¹ Univ Paulista, Engenharia de Produção, Campinas, SP, Brasil

² Univ Paulista, Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, São Paulo, SP, Brasil

Article history: Received 16 January 2017; Received in revised form 24 February 2017; Accepted 01 March 2017; Available online 27 March 2017.

RESUMO

O Brasil é responsável por cerca de 80% da produção de cocos na América do Sul. O resíduo de cascas de coco se transforma em um problema ambiental, uma vez que sua degradação pode ocorrer em até oito anos. Por outro lado, as fibras processadas podem se transformar em uma série de produtos utilizados na indústria da construção, automotiva e de insumo para agricultura ou jardinagem. O processamento da extração das fibras de coco verde ou seco é uma tarefa difícil exigindo trabalho árduo. A mecanização deste processo se faz necessária no sentido de melhorar a qualidade de vida do trabalhador deste segmento, facilitando o posterior aproveitamento das fibras e reduzindo o impacto ambiental do produto. Este estudo teve como objetivo desenvolver um equipamento triturador de cascas de coco. O princípio de funcionamento do triturador de coco foi baseado no acionamento de um rotor das facas, que efetua o processo de corte dos cocos, depositados no triturador. Visou-se obter um equipamento de utilização simples e prática, para que a trituração seja executada sem riscos. Foram executados ensaios de compressão para determinar a força de rompimento da fruta e também calculados os valores que deveriam ter o torque do motor a ser usado. O protótipo foi construído e testado. No teste, os cocos foram, em sua maioria, completamente triturados, indicando a eficiência da máquina.

Palavras-chave: mecanização, fibras de coco, impacto ambiental, desenvolvimento de produto.

DEVELOPMENT OF AN EQUIPMENT FOR CRUSHING GREEN COCONUT

ABSTRACT

Brazil accounts for about 80% of South America's production of coconuts. The residue of coconut husks becomes an environmental problem since its degradation can occur in up to eight years. On the other hand, processed fibers can be transformed into a series of products used in the construction, automotive and agricultural inputs or gardening industries. The processing of extracting the fibers from green or dried coconut is a difficult task that demands hard work. The mechanization of the process is needed in the sense of improving the quality of life of the worker of this segment, facilitating the further use of the fibers, and reducing the environmental impact of the product. This study aimed to develop a coconut shell crusher. The principle of operation of the coconut crusher was based on the rotor drive of the knives that performs the process of cutting the coconuts and deposited in the crusher. Aiming to obtain a simple and practical equipment, so that the crushing is executed without risk.

* irenilza@gmail.com

Compression tests were performed to determine the breaking strength of the fruit and also calculated the values that should have the motor torque to be used. The prototype was built and tested. In the trial the coconuts were mostly completely crushed, indicating the efficiency of the machine. The mechanization of part of the processing of obtaining coconut fibers can be a major advance in areas of large deposits of this material, in the sense of improving the worker's quality of life in the sector, as well as reducing the environmental impact of this material, improving the further use of the fibers.

Keywords: mechanization, coconut fiber, environmental impact, product development.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de coco (*Cocos nucifera* L.) foi de cerca de 60 milhões de toneladas em 2015 (FAO, 2015). A maioria desta produção (85%) está na Ásia, 8% na América, 3% na África e 4% na Oceania. O Brasil produz de cerca de 3 milhões de toneladas por ano, o que representou, em 2015, cerca de 80% da produção da América do Sul. Estima-se que o consumo de água de coco verde no Brasil, em 2014, foi de cerca de 400 milhões de L/ ano (MARTINS & JESUS JR, 2014). O coco verde e maduro são consumidos amplamente nas várias regiões do país. O consumo da água de coco seja *in natura* ou industrializada gera uma grande quantidade de resíduo de cascas, que são geralmente depositadas em lixões ou acumulados em locais inadequados (ROSA et al., 2006; CORRANDINI et al., 2009; MARTINS & JESUS JR., 2011).

A casca do coco verde e do maduro é composta por duas partes, sendo uma grande fração de fibras. As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos. São caracterizados pela sua dureza e resistência atribuída ao

alto teor de lignina, quando confrontadas com outras fibras naturais (SILVA, 2006). Esse material apresenta baixa taxa de degradação, levando mais de oito anos para completa decomposição (CARRIJO et al., 2002). Desta forma, o aproveitamento das cascas dos cocos consumidos torna-se importante para a preservação do meio ambiente. Várias são as propostas de aproveitamento das fibras deste material, sendo algumas delas o uso como insumo agrícola (ROSA et al., 2006), na indústria calçadista (COSTA et al., 2013), material compensado (VAN DAM et al., 2004), na indústria da construção civil (PEREIRA et al., 2013), na indústria automotiva (SALAZAR et al., 2011) e até na indústria de alimentos (PIETRO et al., 2011).

Para que haja o devido uso das fibras do coco é necessária a remoção da casca, de forma a desestruturar as fibras para que estas possam posteriormente ser aproveitadas (CORRANDINI et al., 2009). Desta forma, este estudo visou o desenvolvimento de um equipamento triturador de cocos verdes, sem o conteúdo da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

O princípio de funcionamento do triturador de coco se baseou no rotor das facas que efetua o processo de corte dos cocos, depositados no triturador. Com uma relação de torque e rotação elevada que o motor elétrico proporciona, os cocos são totalmente triturados restando apenas os resíduos das fibras do coco.

Os principais componentes integrados para o funcionamento do triturador são: o rotor, as lâminas de corte, o eixo de polia do rotor, correia, motor elétrico e o sistema de movimentação do triturador. O projeto procurou desenvolver um equipamento de utilização simples e prática, para que a trituração seja

executada sem problemas e sem riscos ao operador.

Para o desenvolvimento do equipamento foram efetuados ensaios de

compressão para determinar o valor de rompimento do coco (Figuras 1a e 1b).



a



b

Figura 1. Ensaio de compressão do coco para a determinação do valor de força de compressão necessária ao equipamento.

A tensão (σ) nas facas foi definida na Equação 1, como a força por unidade de área (Pa). As facas foram dimensionadas com as dimensões de

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

onde, σ = tensão (Pa), F = força (N) e A - área (m^2)

O dimensionamento do torque x potência foi dada pela Equação 2:

$$M_T = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{P}{n} \quad (2)$$

onde P = potência (W), MT = torque (Nm), n = rotação (rpm) e π = constante

Esse torque é transmitido ao rotor (onde as facas estão acopladas) por meio de polias duplas de mesmo diâmetro.

Um funil foi acoplado ao corpo do equipamento para conduzir o coco ao triturador.

O funcionamento do equipamento seguiu as seguintes etapas:

1 – Os cocos foram colocados em um funil de entrada (uma unidade por vez). Os cocos deviam ser verdes ou secos e sem água; e

2 – O acionamento do motor para a trituração. O processo pôde ser realizado continuamente, com a colocação de vários cocos em sequência.

Foram testados 30 cocos para se mensurar a eficiência do equipamento, em função do grau de trituração do coco, sendo considerada a seguinte escala para o grau de trituração: escore 1, para o coco totalmente triturado, escore 2, para o coco medianamente triturado e escore 3, para o coco pouco triturado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com PRASHANT et al. (2014), o fluxo do processo de aproveitamento total das fibras do coco (Figura 2) indica que o equipamento desenvolvido seria indicado para resolver mecanicamente o processo de destruição

da parte externa que recobre as fibras do coco, bem como triturar a camada fibrosa que envolve o núcleo rígido que contém o endosperma da fruta (Figura 2, processo 2).

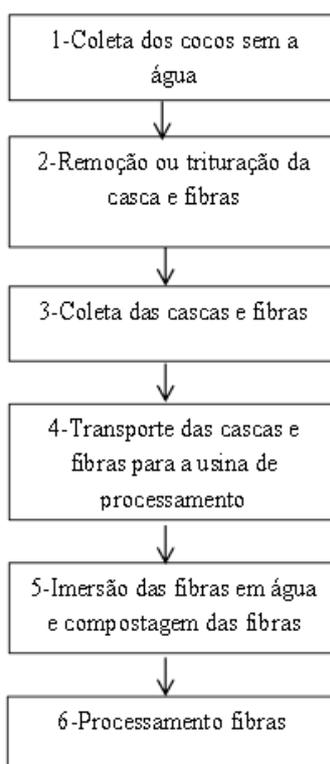


Figura 2. Fluxo dos processos que envolvem a extração de fibras do coco para posterior aproveitamento.

O equipamento foi desenvolvido para mecanizar o processo tradicional de remoção das fibras da parte externa e média fibrosa do coco, que tradicionalmente é feito de forma rústica, demanda muito tempo e é perigosa ao trabalhador, uma vez que este lida com ferramentas cortantes, em postura muitas vezes incorretas sob o ponto de vista de ergonomia.

A Figura 2 mostra o esquema do protótipo do equipamento desenvolvido.

Enquanto as Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 mostram as dimensões dos componentes do equipamento. O equipamento foi projetado para atingir uma produtividade de 30 kg/min.

Neste projeto, foi utilizado um motor com potência igual a 5 cv (3677,4900 W) e uma rotação de 3510,000 rpm. Desta forma, o torque gerado pelo motor foi calculado utilizando a Equação 3:

$$M_T = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{3677,4900}{3510,000} \rightarrow M_T = 10,0000 \text{ Nm} \quad (3)$$

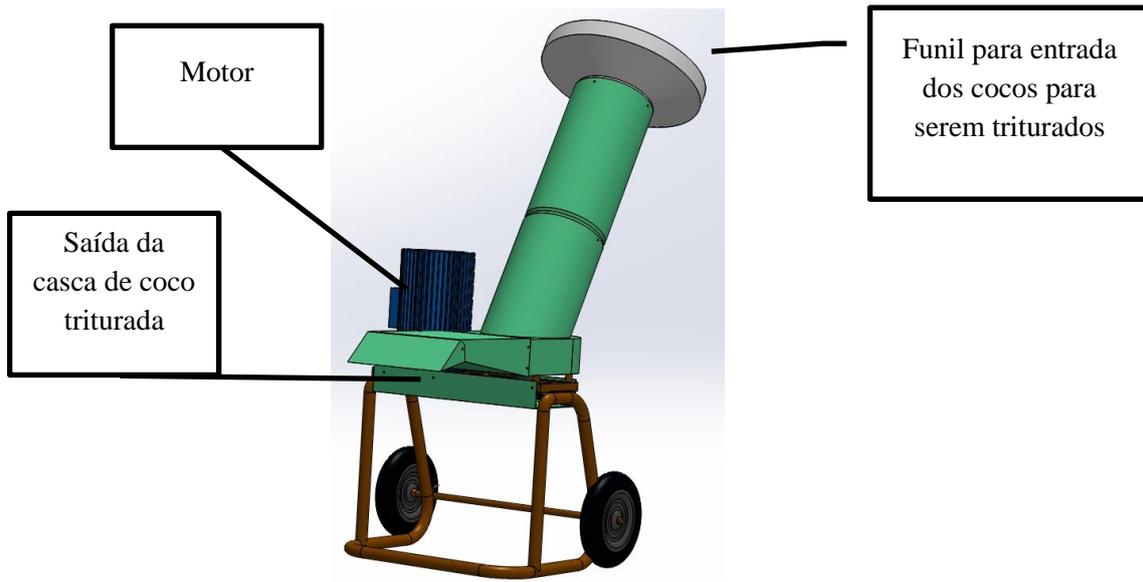


Figura 2. Esquema do protótipo do equipamento triturador de coco.

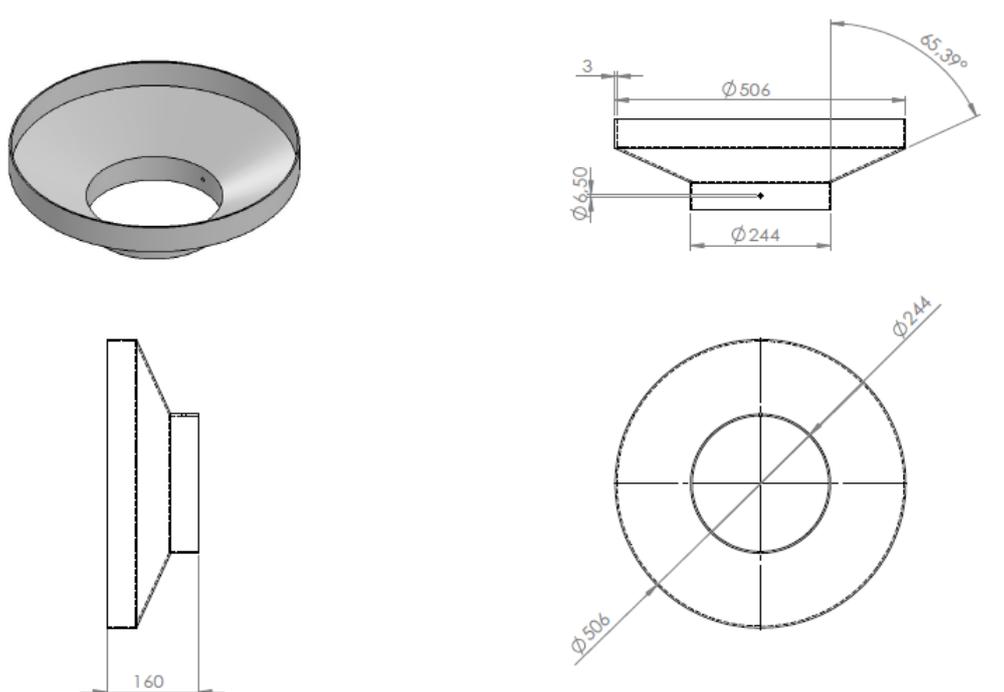


Figura 3. Funil de entrada dos cocos a serem triturados e dimensões

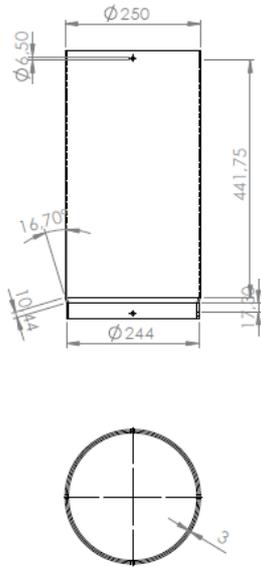


Figura 4. Dimensões do extensor da caixa do rotor

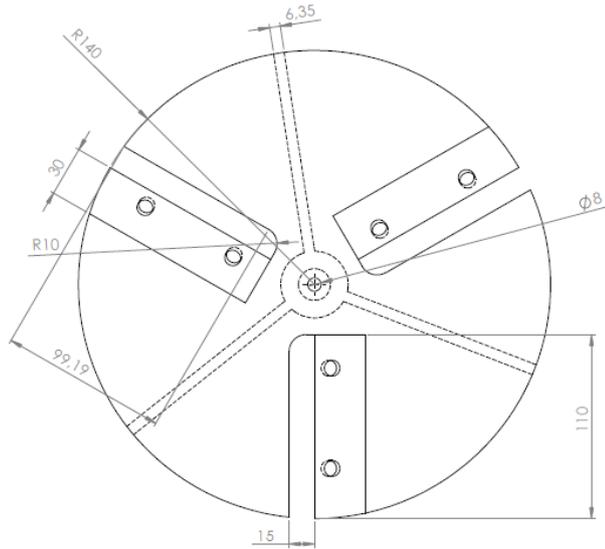


Figura 5. Esquema do rotor com as dimensões

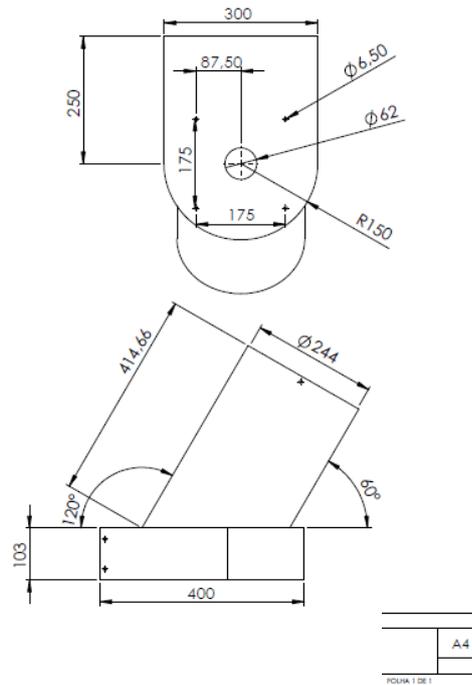
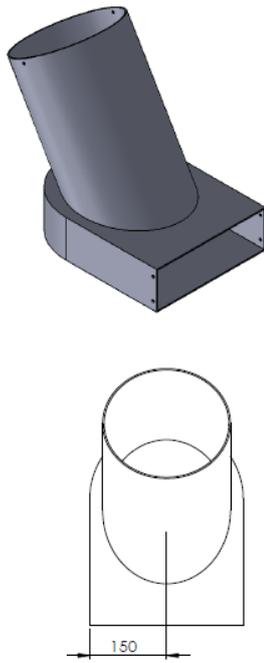


Figura 6. Dimensões da caixa do rotor

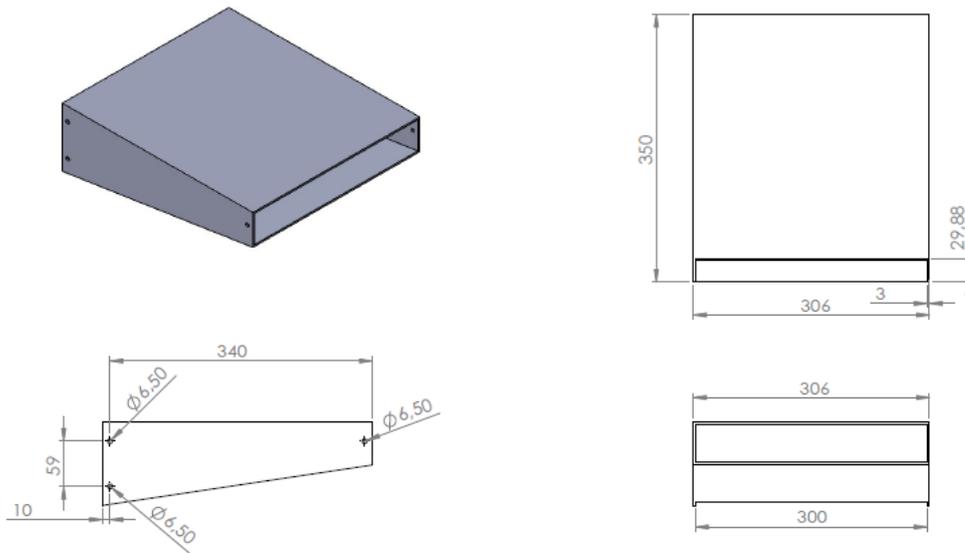


Figura 7. Dimensões do extensor da saída da caixa

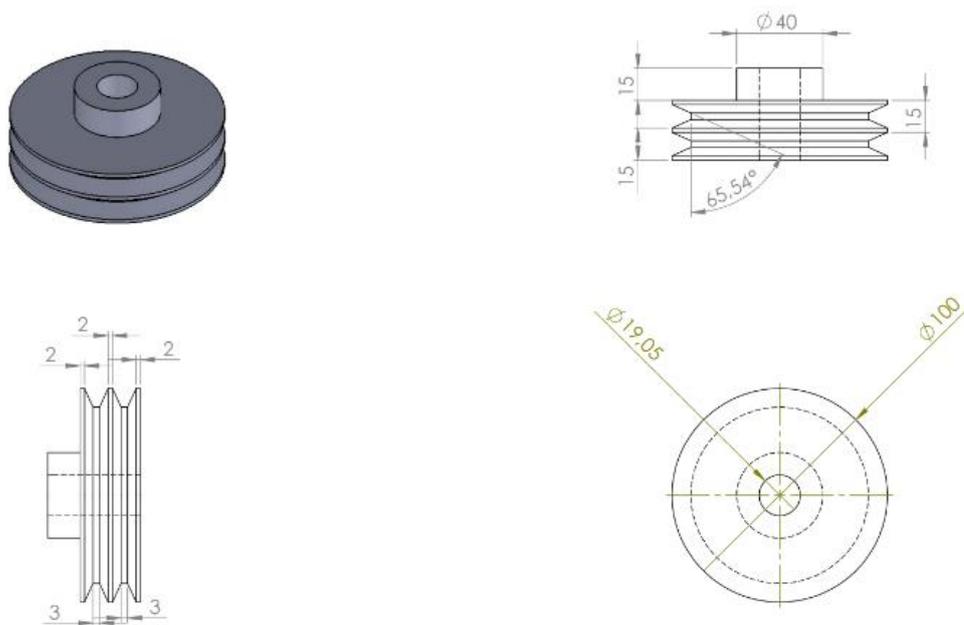


Figura 8. Polia do rotor e suas dimensões

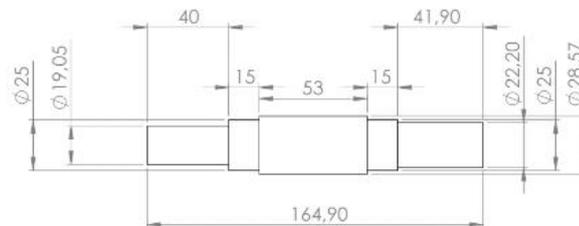


Figura 9. Dimensões do eixo do rotor

Neste estudo, foi calculada apenas a tensão normal que atua nas facas. A unidade de área (A) é a área da seção transversal da faca tendo as dimensões de

0,0500 m de comprimento, 0,0079 m de largura e 0,00045 m de espessura. Portanto, a tensão normal nas facas foi calculada como indica a Equação 4:

$$\sigma = \frac{4.900 \text{ N}}{(0,0079 \text{ m} \cdot 0,0500 \text{ m})} \rightarrow \sigma = 12,3500 \text{ Mpa} \quad (4)$$

De acordo com estudos realizados sobre os trituradores já existentes no mercado, optou-se pela utilização do aço AISI 440C para a fabricação das facas. O aço AISI 440C é um aço inoxidável martensítico que apresenta uma boa temperabilidade (garantindo a dureza necessária para o fio de corte resistir) e resistência ao desgaste (ou abrasão). Estes fatores, juntamente com a resistência mecânica, são essenciais quando se trata de fabricação de lâminas.

Para validar o equipamento foram utilizados 30 cocos empregados para a trituração. Os escores se distribuíram em quatro escores 1 enquanto apenas um obteve escore 2. Todos os cocos testados tiveram bom grau de trituração de 80% (PRASHANT et al., 2014). Por meio do teste do protótipo, foi possível inferir que este motor utilizado foi suficiente para o projeto. Dois problemas foram encontrados, sendo o primeiro o baixo desempenho do rotor, devido à quantidade de facas que estava sendo utilizadas, que

foi solucionado com o uso de três facas ao invés das duas inicialmente utilizadas no projeto. Esta alteração resultou no aumento da porcentagem de fibras obtida alcançando o valor esperado (80%). O segundo problema se referia à vibração do equipamento. Como o triturador foi projetado para ser desmontado facilitando, assim, a limpeza, foram utilizados parafusos e dobradiças, com a finalidade de fácil desmonte e transporte do equipamento. Com a vibração alta, optou-se pela fixação por solda das partes. Isto gerou a necessidade de adequação das pás na parte voltada para o interior do rotor. Elas foram fixadas para que fosse possível efetuar a limpeza dos resíduos que sobram dentro da caixa do rotor.

Triturador semelhante foi desenvolvido por VILLA (2015) com motor a diesel, visando ser utilizado em área rural, sem acesso à eletricidade. O mecanismo podia processar 282 cocos/h, com um consumo de diesel de cerca de 0.72 L/h. No ensaio, o equipamento

desenvolvido processou, em média, 30 kg de coco/min.

SHANSEN et al. (2015) conduziram uma pesquisa para dimensionar um cortador automático de casca de coco, que incluía um pré-aquecimento da casca, visando facilitar a remoção das fibras e o posterior processo de extração. Equipamentos com estas características de mecanização básica de processos tem grande importância de aplicação, principalmente na região

CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um triturador de coco verde ou maduro para auxiliar na obtenção das fibras do coco e seu posterior aproveitamento, com o uso de três facas

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Gabriel de Almeida Lima, Luiz Felipe Menegaço, Marcelo de Carvalho Dantas, Marco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n. 4, p.533-535, 2002.

CORRANDINI, E.; ROSA, M. F.; MACEDO, B.P., PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde. Revista Brasileira de Fruticultura v.31, n.3, p. 837-846, 2009.

COSTA, C. R.; SANCHES, R.A.; RAMOS, J. B.; BOUERI, J.; GUIMARÃES, B.M.G. Mechanical characterization of the green coconut fiber for application in the footwear industry. International Journal of Arts and Commerce, v. 2, n.9, p.99-106, 2013.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food World Food and Agriculture. FAO Statistical Pocketbook 2015. Disponível em

litorânea rural da China, onde é alta a produção de coco. Esta máquina teve objetivo similar ao equipamento desenvolvido no presente estudo, que visou à trituração básica da parte de fibras e da casca externa do coco, podendo ser adaptado a outras máquinas que auxiliem nas etapas do processo de extração completa das fibras do coco. No presente estudo buscou-se um equipamento no qual a trituração do coco fosse executada sem riscos para o operador.

acopladas a um rotor, permitindo a trituração de 30kg/min, com 80% de trituração dos cocos.

Antônio Fregonezi e Paula Raquel Bento, por auxiliarem na construção do protótipo.

<http://www.fao.org/documents/card/en/c/383d384a-28e6-47b3-a1a2-2496a9e017b2/>. Acesso em 10-01-2017.

MARTINS, C. R.; JESUS JR., L. A. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 38p.

MARTINS, C. R.; JESUS JR, L. A. Produção e Comercialização de Coco no Brasil Frente ao Comércio Internacional: Panorama 2014. Série Documentos n. 184. 50p.

PEREIRA, C.; SAVASTANO, HJ.; PAYA BERNABEU, JJ.; SANTOS, SF.; BORRACHERO ROSADO, MV.; MONZÓ BALBUENA, JM.; SORIANO MARTINEZ, L. Use of highly reactive rice husk ash in the production of cement matrix reinforced with Green coconut fiber. Industrial Crops and Products, v.49, n. 8, p.88-96, 2013.

- PRASHANT, Y.; GOPINATH, C.; RAVICHANDRAN, V. Design and development of coconut fiber extraction machine. *SAS Tech Journal*, v. 13, n. 1, 2014
- PRIETO W. H., IGUTI A. M., NITZ M. Drying evaluation of green coconut pulp for obtaining a snack-like product. *Procedia Food Science*, v. 1, n.1, p. 1618-1627, 2011.
- ROSA, M. de F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. DE S.; ABREU, F. A. P. de; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. de V. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos, 52).
- SALAZAR, V. L. P.; LEÃO, L. A.; ROSA, D. S.; GOMEZ, J. G. C.; ALLI, R. C. P. Biodegradation of coir and sisal applied in the automotive industry. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 19, n. 3, p. 677-688, 2011.
- SHANSEN, F.; YAN, Z.; ZHAOYU, M. The Design of Coconuts Automatic Decorticator Based on the PLC. *Journal of Agricultural Mechanization Research*. Disponível em <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-NJYJ201502006.htm>. Acesso em 10-01-2017. 2015.
- SILVA, R. V.; SPINELLI, D.; BOSE FILHO, W. W.; CLARO NETO, S.; CHIERICE, G. O.; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. *Composites Science Technology*, v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.
- VAN DAM, J. E. G.; VAN DEN OEVER, M. J. A.; KEIJSERS, W. E. R. P.; PERALTA, A. G. Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk - Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin. *Industrial Crops and Products*, v. 19, n.3, p.207-216, 2004.
- VILLA, F. T. Coconut husk mini-chipper machine. *International Journal of Engineering Research and General Science*, v. 4, n.1, p. 611-623, 2016.