

RETROFIT DE UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA DO TIPO TRITURAÇÃO DE FIBRAS DO COCO COM MELHORIAS DE PROCESSOS E SEGURANÇA

AUTOR - lucashenrique.m27@gmail.com

ORIENTADOR - douglas.fumes@hotmail.com

FACULDADE GALILEU BOTUCATU

RESUMO: *O PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DA CASCA DO COCO, REALIZADO PARA OBTENÇÃO DO SUBPRODUTO ÁGUA DE COCO, RESULTA NA GERAÇÃO DE UMA QUANTIDADE SIGNIFICATIVA DE RESÍDUOS, QUE, EM GERAL, SÃO DESCARTADOS DE FORMA IRREGULAR NO MEIO AMBIENTE. UMA ALTERNATIVA PARA O DESPOJAMENTO IRREGULAR E DE FORMA ADEQUADA DOS RESÍDUOS É TRANSFORMÁ-LO ATRAVÉS DA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS OU SUBPRODUTOS DERIVADOS DA MATÉRIA. DESTA FORMA, A UTILIZAÇÃO DA CASCA PROCESSADA, ALÉM DE SIGNIFICATIVA PARA O SISTEMA ECONÔMICO, É TAMBÉM CONVENIENTE PARA A VISIBILIDADE AMBIENTAL. ATUALMENTE, AS FIBRAS DE COCOS VERDES E MADUROS JÁ VÊM SENDO UTILIZADAS PARA DIVERSOS SUBPRODUTOS POR TEREM BOA APRESENTAÇÃO PROPRIETÁRIAS COMO ALTA DUREZA EM SUA COMPACTAÇÃO E RESISTÊNCIA AO ALTO TEOR DE LIGNINA QUANDO RELACIONADAS EM ATRITOS COM OUTRAS FIBRAS DE MODO NATURAL. NESTE CONTEXTO, A PRESTABILIDADE DA CASCA É PROVÁVEL POR TER FIBRAS ESTÁTICAS E DE ALTA POROSIDADE. DESTA FORMA, O SUBPRODUTO PASSA POR ALGUMAS ETAPAS DE PROCESSAMENTO PARA SER AGREGADO NO SETOR AGRÍCOLA, TAIS COMO TRITURAÇÃO, DESFIBRAMENTO E MOENDA. O DESENVOLVIMENTO DESTES NOVO EQUIPAMENTO SE BASEIA NAS PREMISSAS E CONCEITOS DE PRODUTIVIDADE, AUTOMATIZAÇÃO E SEGURANÇA OCUPACIONAL DO TRABALHO DE TRITURAÇÃO DA CASCA DO COCO, OFERECENDO MELHORIA CONTÍNUA NO CICLO DE TRITURAÇÃO DA FIBRA DO COCO.*

PALAVRAS-CHAVES: TRITURADORES, MELHORIAS, ERGONOMIA, SEGURANÇA, FIBRAS, CASCA DO COCO.

RETROFIT OF AN AGRICULTURAL EQUIPMENT OF THE COCONUT CRUSHER TYPE WITH PROCESS AND SAFETY IMPROVEMENTS

ABSTRACT: *THE INDUSTRIAL PROCESSING OF THE COCONUT husk, CARRIED OUT TO OBTAIN THE BY-PRODUCT COCONUT WATER, RESULTS IN THE GENERATION OF A SIGNIFICANT AMOUNT OF WASTE, WHICH, IN GENERAL, ARE IRREGULARLY DISCARDED INTO THE ENVIRONMENT. AN ALTERNATIVE TO THE IRREGULAR AND PROPER DISPOSAL OF WASTE IS TO TRANSFORM IT THROUGH THE MANUFACTURE OF PRODUCTS OR BY-PRODUCTS DERIVED FROM THE MATERIAL. THUS, THE USE OF THE PROCESSED PEEL, IN ADDITION TO BEING SIGNIFICANT FOR THE ECONOMIC SYSTEM, IS ALSO CONVENIENT FOR ENVIRONMENTAL VISIBILITY. CURRENTLY, GREEN AND RIPE COCONUT FIBERS HAVE ALREADY BEEN USED FOR DIFFERENT BY-PRODUCTS BECAUSE THEY HAVE GOOD PROPRIETARY PRESENTATION, HIGH HARDNESS IN ITS COMPACTION AND RESISTANCE TO THE HIGH LIGNIN CONTENT WHEN CONTAINED NATURALLY WITH OTHER FIBERS. IN THIS CONTEXT, THE RESTABILITY OF THE SHELL IS PROBABLE BECAUSE IT HAS STATIC AND HIGH POROSITY FIBERS. IN THIS WAY, THE BY-PRODUCT GOES THROUGH SOME PROCESSING STEPS TO BE AGGREGATE IN THE AGRICULTURAL SECTOR, SUCH AS CRUSHING, DEFIBRATION AND MILLING. THE DEVELOPMENT OF THIS NEW EQUIPMENT IS BASED ON THE PREMISES AND CONCEPTS OF PRODUCTIVITY, AUTOMATION AND OCCUPATIONAL SAFETY IN THE COCONUT HUNK CRUNCHING WORK, OFFERING CONTINUOUS IMPROVEMENT IN THE COCONUT FIBER CRUNCHING CYCLE.*

KEYWORDS: CRUSHERS, IMPROVEMENTS, ERGONOMICS, SAFETY, FIBERS, COCONUT SHELL.

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial do coco verde e maduro vem crescendo gradativamente em diversos países. Assim como no Brasil, o coqueiro é conhecido como plantas frutíferas mais expandidas de maneira natural. Originário do sudeste Asiático, a planta foi introduzida no Brasil pelos portugueses por volta de 1553. O consumo de água de coco no Brasil é crescente e significativo, onde grande demanda é suprida principalmente pela extração da água do fruto *in natura* (EMBRAPA, 2010).

A casca do coco verde e maduro gera uma fibra, um subproduto do uso da industrialização de água de coco que procria uma ampla quantia de cascas, geralmente descartado de forma irregular, às vezes em lugares inadequados como beiras de estradas e lixões (ROSA et al., 2006; CORRANDINI et al., 2009; MARTINS & JESUS JR., 2011). Uma das soluções proposta para o despojamento ideal dos resíduos é transformá-lo em substâncias aproveitáveis para vários tipos de produtos. A casca do coco em lugares inapropriados ocasiona em um problema ambiental, pois sua decomposição é difícil, demorada e a duração completa para se decompor é estimado de oito anos (CARRIJO et al., 2002). Portanto, a utilização da casca do coco processada, além de importante para a economia, é também importante do ponto de vista ambiental. Em concordância com Rosa *et al.* (2001) 80% a 85% de peso bruto do coco é considerado lixo e boa parte é inutilizada.

Segundo SILVA (2006), a substância fibrosa de coco verde e do maduro já vem sendo utilizada para diversos subprodutos por terem características de dureza e resistência à alta proporção lignina quando confrontadas com outras fibras naturais.

Uma das grandes propostas está sendo na indústria agrícola, que tem gerado uma matéria de ampla utilização como composto para plantas, elementos para produção de substratos e insumos para plantas sem o uso do solo (ROSA et al., 2006). Neste caso, o aproveitamento da casca do coco é viável por suas fibras serem, quase, inerte e de alta porosidade.

O método de desfibramento é realizado de várias etapas, desde a coleta seletiva dos materiais, até a transformação final da matéria-prima em outro subproduto. Para isto, a substância passa por alguns processos (CEMPRE, 1998).

No setor agrícola, o material é ordenado de forma diferenciada, devendo ser triturado, desfibrado e moído por uma máquina onde atende essas funções, sendo um maquinário semelhante ao triturador de descartes para aços. O objetivo dessa máquina é de desestruturar as fibras para que as mesmas possam posteriormente serem aproveitadas e se tornarem subprodutos. Diferente dos moedores e trituradores de coco, o triturador de aço é utilizado para

divisão de materiais como ferro velho, plásticos em empresas de reutilização e moedores de madeiras (CARRIJO et al., 2002).

A busca pela produtividade e qualidade, é um diferencial competitivo das empresas nos dias atuais. Uma nova forma de abordar a qualidade tem como um todo procurar atingir objetivos visando a melhoria da qualidade em um todo método organizacional, principalmente em equipamentos (GONÇALVES et al., 2019). Assim, o objetivo da pesquisa é melhorar a máquina agrícola, desenvolvendo um protótipo triturador de cocos com o triturador de aço. Essa junção tem o intuito principal e será fundamental para reduzir hora-máquina, diminuir o trabalho manual do operador, obter mais segurança e atender à demanda da empresa conforme necessita.

2. TRITURADORES E DESFIBRADORES DA CASCA DO COCO

2.1 Consumo e descarte do coco verde

Nos últimos anos, o coco verde vem sendo consumido cada vez mais, anos após anos, gerando um desconforto ambiental com os resíduos e descartes irregulares. Partindo desse problema, ideias foram surgindo para o reaproveitamento desse material, como reutilização da massa fibrosa do coco. (FURTADO e GADELHA, 2012)

Segundo SILVA (2014), aproximadamente 7 toneladas de resíduos são descartadas no Brasil por ano. Mesmo existindo diversas possibilidades de reaproveitamentos da fibra do coco, o descarte é feito em lixos comuns, sabendo que existem outros sentidos de utilização.

ROSA et al (2001) diz que para o preparo do desfibramento da fibra o ideal é ser realizado em máquina desintegradora/trituradora, equipamentos de fácil aquisição e disponível para qualquer tipo de propriedade.

A triagem é uma das etapas mais importantes quando a origem do material a ser reciclado provém do lixo urbano. Logo após, o material passa pela lavagem com água, também podendo conter outras soluções, onde pode possibilitar a separação do material por densidade. MANO (2005).

2.2 Triturador e seus componentes

Conforme EKMAN (2018), Trituradores de aço de pequeno à grande porte, têm o objetivo de reduzir um material inteiriço de forma fragmentada até sua menor partícula. O

aumento proporcional à competência de puxar o material a ser triturado, dá-se pelo número de eixos utilizados. Esta é a diferença mais básica e comum.

Outro fator importante é a quantidade de lâminas cortantes que devem ser diferenciadas por suas aplicações. As lâminas contêm perfis específicos para cada aplicação e podem variar por seus números de dentes e formas de afiações. O desenho da lâmina deve ser dimensionado para cada esforço exercido sobre as mesmas, por exemplo, moedores mais robustos que exigem mais esforços, requerem que o perfil único de corte de cada lâmina seja mais espesso.

O triturador tem componentes importantes como os motores, números de eixos e, um dos mais significativos, o número de lâminas, que quanto mais dente em cada uma delas, melhor o rendimento do equipamento, em compensação, aumenta a probabilidade do material escoar entre os eixos. EKMAN (2018).

2.3 Aplicação de trituradores para substratos com substâncias fibrosas do coco

Segundo PRASHANT et al. (2014), o fluxo do processo produtivo para o desfibramento total do coco com equipamentos de trituração é recomendado um equipamento com mecânico robusto, com lâmina de perfil de corte mais severo e de saída acessível entre os eixos e lâminas, pois o material da parte externa é bem fibrosa e tem um núcleo bastante rígido que contém o endosperma do coco.

Em equipamentos semelhantes, foram feitos testes com 30 unidades de cocos verdes, resultando em mais de 80% de trituração no resultado final PRASHANT et al. (2014).

Pensando no difícil acesso, falta de energia elétrica, desejando ser usufruído em área rural, VILLA (2015) projetou um triturador semelhante movido a diesel. O mecanismo de boa trituração podia triturar 282 cocos/h, com um consumo médio de 0.72 L/h. Nos ensaios realizados, foram processados por volta de 30 kg de coco por minuto.

SHANSEN (2015), produziu ensaios com um triturador, onde os cocos eram aquecidos para posteriormente serem triturados com mais facilidade. Este estudo teve como embasamento que o pré-aquecimento facilita a remoção e desfibramento do produto, gerando rendimentos posteriores após o início da trituração.

2.4 Dimensionamentos de perfil e velocidades de cortes sobre facas

Conforme EKMAN (2018), o dimensionamento do perfil de corte e número de facas é de alta importância por se tratar da dependência do tipo do material a ser triturado. O material duro como o aço, necessita de um perfil mais robusto e com um dimensionamento mais largo,

quadrado e com arestas mais preenchidas para que a garra seja ideal para a trituração e que não transcorra quebra ou cisalhamento das superfícies cortantes. O ângulo e quantidade de dentes por faca também são fatores que exigem um dimensionamento modelar para que não sobrevenha travamentos em ciclos de operação. Juntamente relacionado com a velocidade de corte, um parâmetro errado pode influenciar no desempenho da máquina, fazendo com que seus rendimentos se curvem, além de não ter uma boa trituração por conta de o material ficar pulando ou até mesmo travando sistema de forma excessiva, às vezes requerendo um reverso para o destravamento.

3. MÉTODO

O estudo da performance do triturador se baseou em facas trituradoras que efetuam o método de desfibramento da casca do coco ou fibras compactadas, depositados no triturador. Com uma relação de força e rotação transmitida do motor elétrico, as casas do coco são totalmente trituradas resultando em resquícios das fibras.

Os principais elementos de funcionamento do triturador foram baseados em um equipamento de trituração mais simples de uma empresa privada que necessitava melhorias em segurança no manuseio, menor tempo em trituração e maior qualidade no produto final. O triturador teve como elementos principais para o trabalho como: o redutor acoplado em um motor elétrico, facas de corte, eixos de transmissão, engrenagens, correntes e a esquematização de esteira para a movimentação das fibras. A proposta de melhoria procurou obter um manuseio mais rápido, seguro e prático para a execução do operador.

Com destino ao aperfeiçoamento do equipamento foram feitos testes no triturador anterior para analisar o funcionamento, verificar os pontos que precisavam de melhorias até atenderem os requisitos necessários para empresa solicitante. Após as análises, foram realizados os dimensionamentos até a confecção em uma empresa X. Depois da fabricação, foram aplicados testes de trituração para obter as medidas de entradas e saídas.

O funcionamento do equipamento seguiu por etapas como:

- 1- O acionamento do motor e da esteira de transporte para que a matéria seja triturada.
- 2- As fibras do coco foram colocadas na esteira para seguir o transporte e o método de desfibramento e trituração. O processo pôde ser contínuo, com colocação das fibras compactadas na esteira em um intervalo aproximado de sete segundos entre um volume e outro.

Foram realizados testes em 150 unidades de fibras compactadas em tamanhos e geometrias diferentes para acompanhar a eficiência do equipamento. Após trituração, o

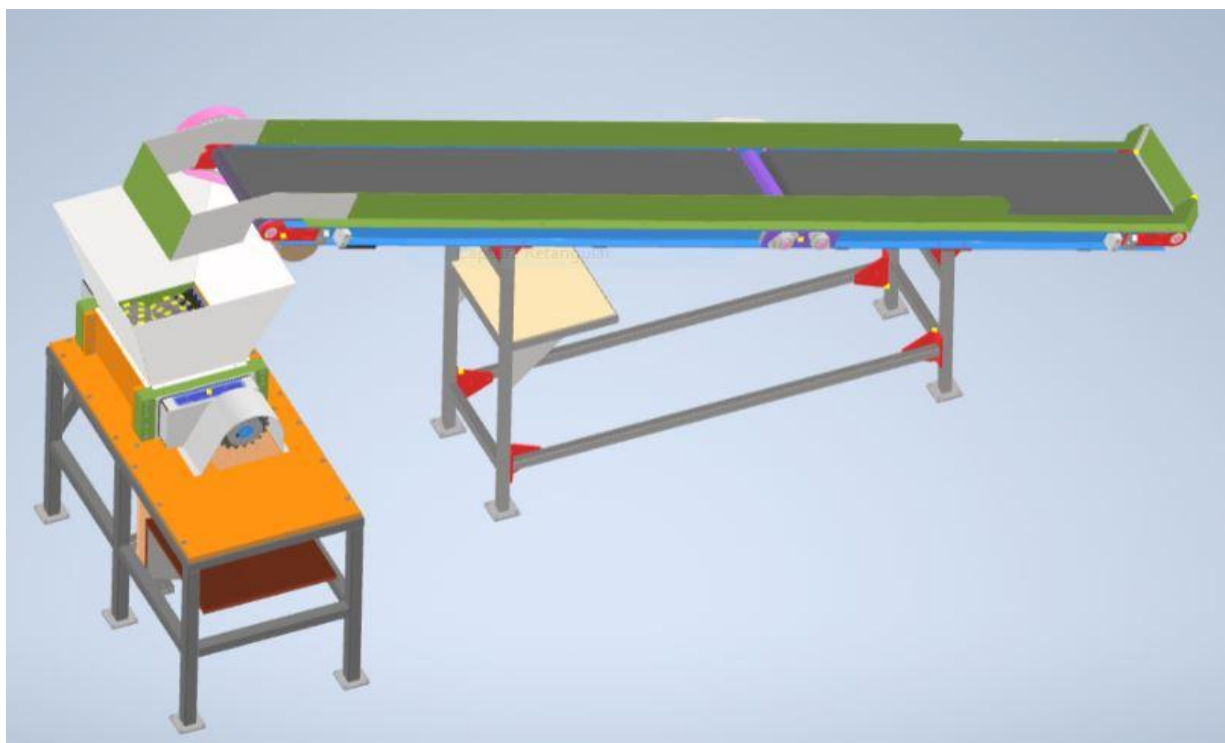
resultado obtido da trituração foi: escore 1, para fibras compactadas de até 60mm de sua espessura, obteve trituração extremamente rápida, escore 2, fibras compactadas até 120mm, trituração com um tempo um pouco mais elevado, escore 3, fibras compactadas até 200mm em sua espessura, ocasionando uma trituração mais lenta.

Figura 1. Triturador Shredder.



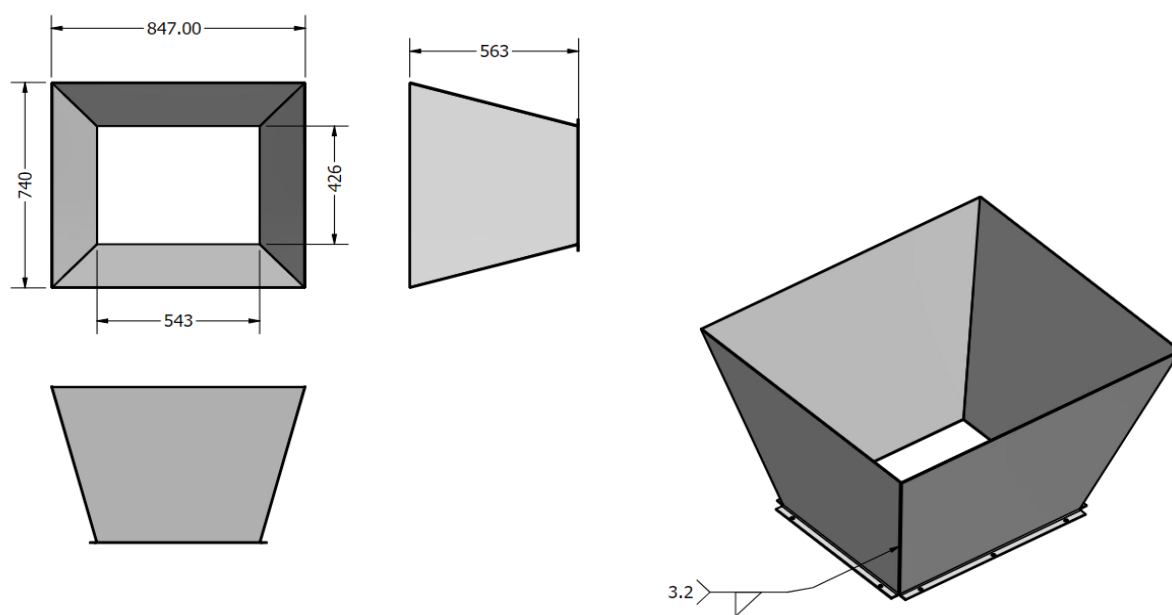
Fonte: EKMAN (2018).

Figura 2. Triturador montado.



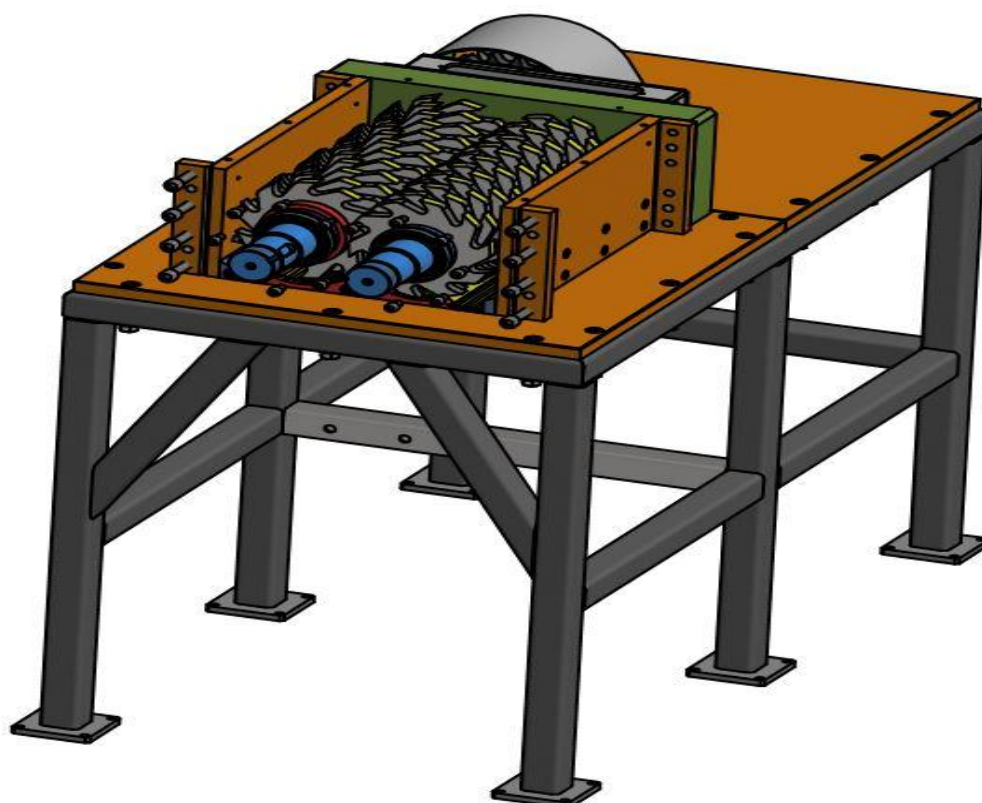
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 3. Coifa proteção.



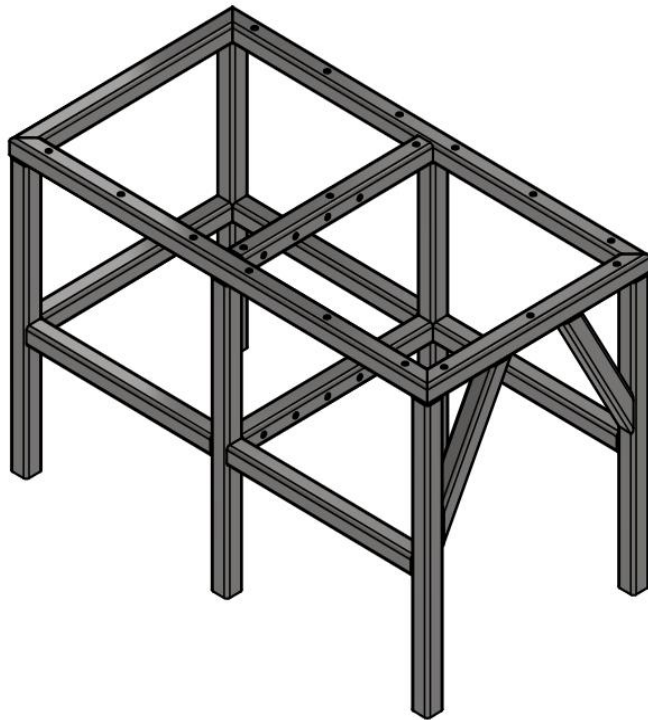
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 4. Detalhamento triturador duplo.



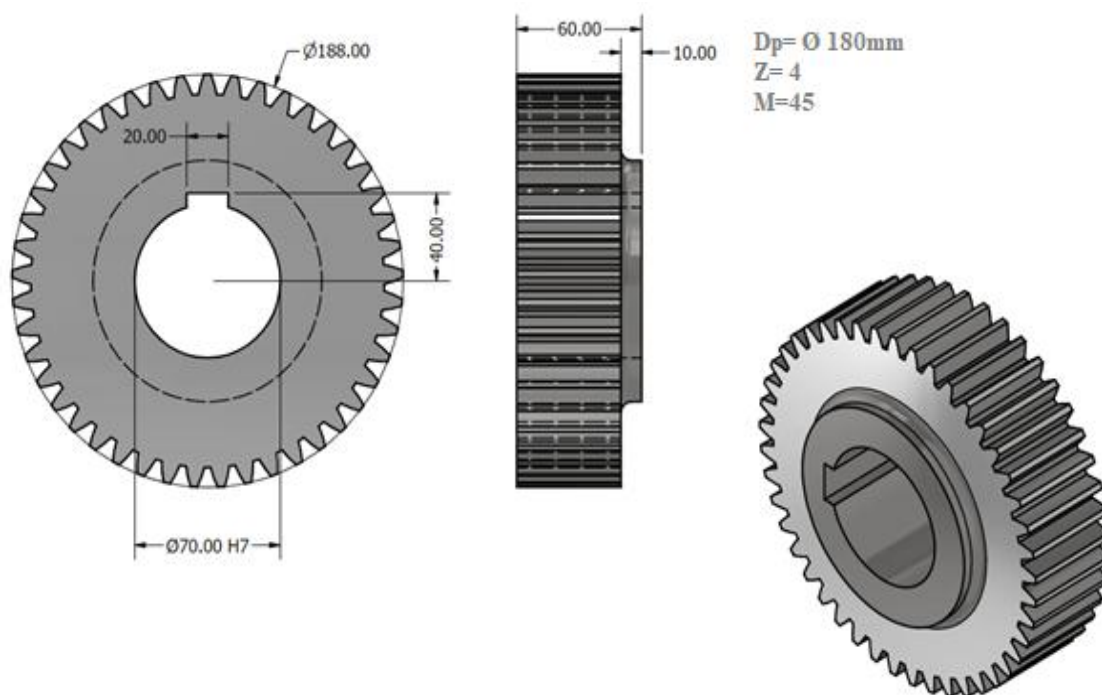
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 5. Base e alojamento triturador.



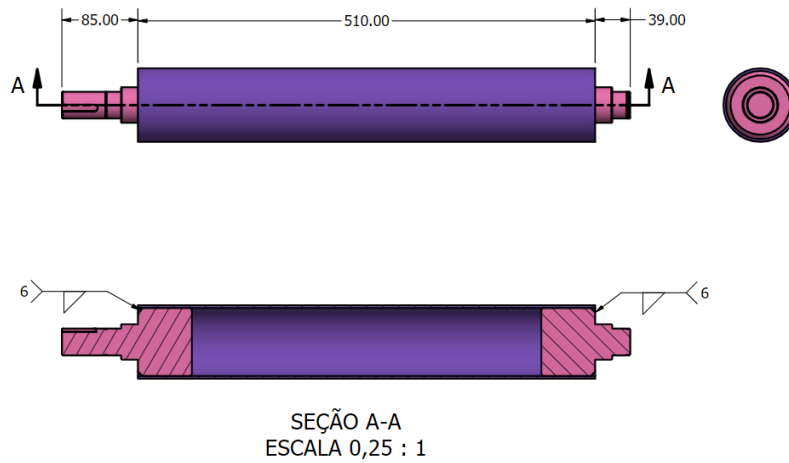
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 6. Engrenagem de movimentação dos eixos e lâminas de corte.



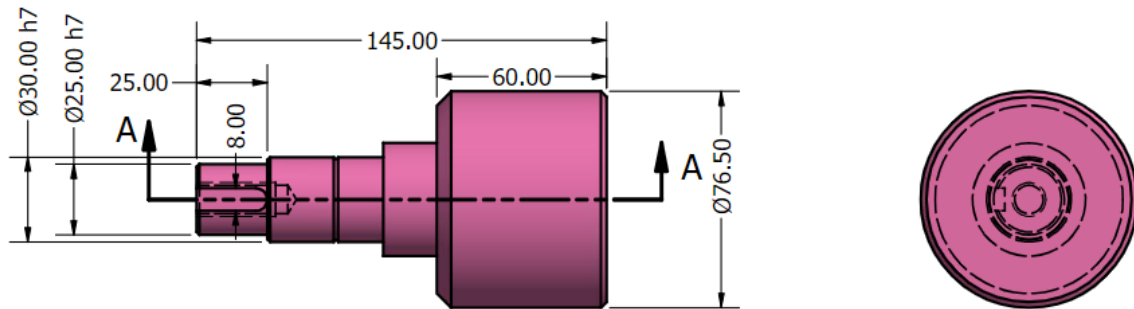
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 7. Eixo principal.



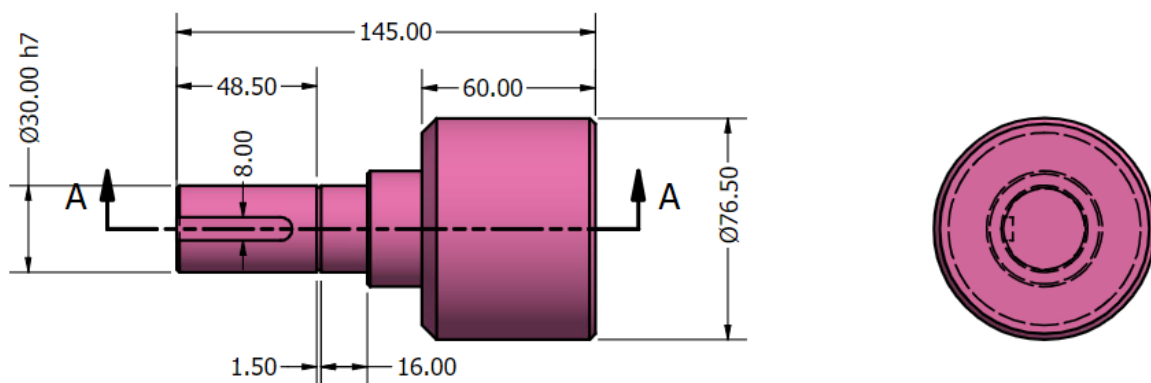
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 8. Detalhamento ponta do eixo A.



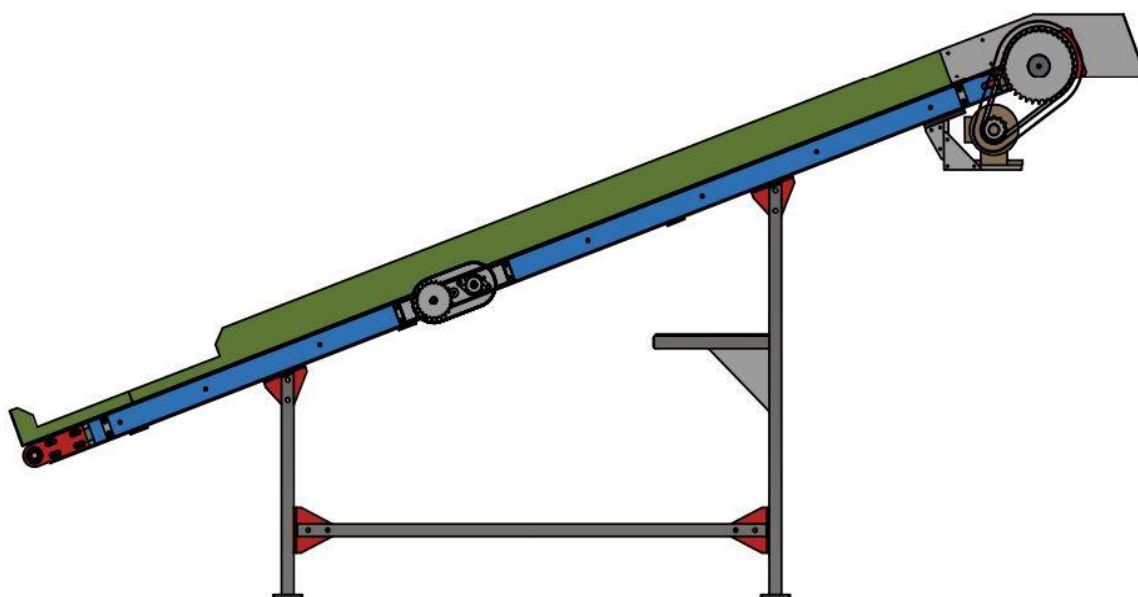
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 9. Detalhamento ponta do eixo B.



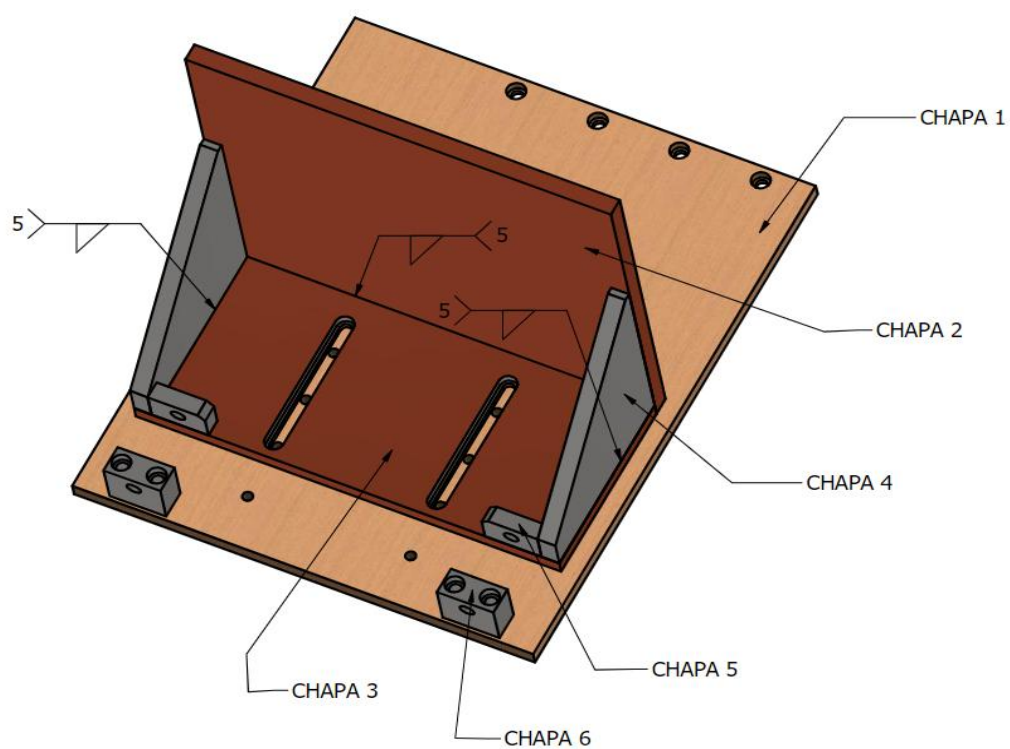
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 10. Esteira de Alimentação.



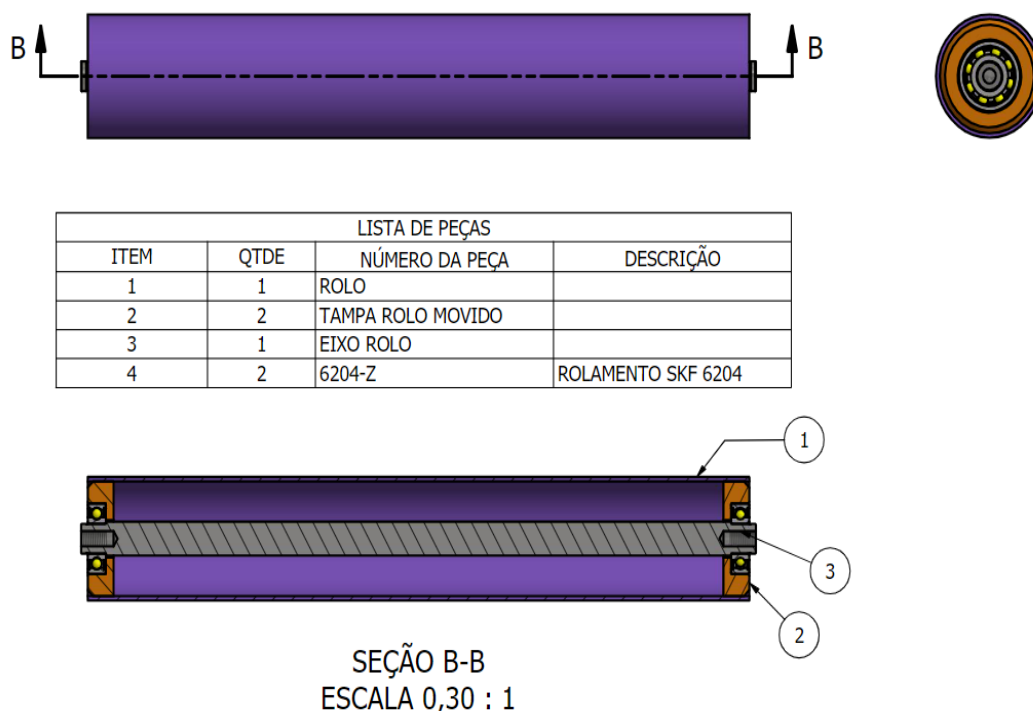
Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 11. Base fixação motor esteira.



Fonte: Próprio Autor (2022)

Figura 12. Rolo de movimentação da esteira.



Fonte: Próprio Autor (2022)

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Dados coletados

O equipamento antigo já não atendia mais a demanda da empresa por suas limitações em de trabalho. Outro ponto notável e de importância foi que, a segurança e ergonomia do operador estava comprometida durante a jornada de trabalho. Com base em todas as informações coletadas, começou o planejamento para um retrofit que incluiu os requisitos ergonômicos, segurança e aumento significativo na operação do equipamento.

Analisando o desempenho de trituração na tabela abaixo, nota-se que na aba do sistema antigo, a defasagem em relação ao tempo e travamento estava alta por conta da necessidade de trabalho diário, com isso era necessário o aumento da carga horária para poder suprir a demanda.

Após a confecção do equipamento e com parâmetros coletados através de testes, obteve dados significativos que mostram pontos importantes para o ciclo de trabalho, pontos como

tempo em todas as dimensões da compactação e sobre o travamento excessivo durante o ciclo de trabalho.

Tabela 1. Tabela de trituração.

DADOS COLETADOS ANTES DO RETROFIT			
-----------------------------------	--	--	--

EQUIPAMENTO ANTIGO – TRITURAÇÃO ROTATIVA COM 3 FACAS			
BOM	200mmx200mmx100	Média de 20 segundos	Não
ACEITÁVEL	180mmx180mmx90	Média de 24 segundos	Não
IRREGULAR	180mmx180mmx70	Média de 17 segundos	Sim

DADOS COLETADOS PÓS RETROFIT			
------------------------------	--	--	--

RETROFIT – SISTEMA DE TRITURAÇÃO SHREDDER			
BOM	200mmx200mmx100	Média de 20 segundos	Não
ACEITÁVEL	180mmx180mmx90	Média de 24 segundos	Não
IRREGULAR	180mmx180mmx70	Média de 17 segundos	Sim

Fonte: Próprio Autor (2022)

4.2 Problemas detectados

As falhas detectadas no equipamento foram: necessidade de parâmetros de entrada e saída para ter controle em referência às dimensões dos blocos de fibras, guarda-pós ou e vedações em cima das lâminas de corte para evitar a inalação de pó gerado pela trituração, trilhos para remover e voltar o alojamento das fibras após a trituração.

4.3 Análise de dados e problemas

Após a entrega do equipamento, foi informado que as dimensões do atual triturador eram superiores ao antigo e precisou fazer mudanças no layout da empresa por conta de toda sua estrutura. Além disso, o painel elétrico com os comandos de funcionamento limitou o posicionamento, pois alocado no lado esquerdo do sentido de fluxo da esteira, precisou ter um investimento na parte elétrica da empresa para que pudesse alocar em um local e o painel ficasse de fácil acesso.

4.4 Melhorias

Através dos pontos negativos coletados em campo, as melhorias propostas foram a alteração no alojamento do painel, bases removíveis e com deslocamento através de eixos e rodas, instalação de portas na entrada da trituração com molas para evitar a inalação do pó e sensores na saída da esteira para ter controle em relação a trituração.

4.5 Resultados

Com o retrofit, o que foi dito por Ekman (2018) em relação à transmissão com o conjunto de facas, teve concordância com meu trabalho, pois o precisou ser redimensionado o número e o perfil de facas para que atendesse às necessidades esperadas da empresa. Notou-se que a velocidade junto ao ângulo de corte foi relativa para que fosse eliminado o travamento no trabalho de trituração. Através dos botões de emergência e implementação da esteira auxiliar é possível afirmar que houve evolução do ponto de vista da segurança ocupacional durante operação do equipamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo melhorar e agregar segurança no equipamento obtendo resultados qualitativos e quantitativos dos colaboradores e da empresa. Embasado no estudo literário 2.4 dimensionamentos de perfil e velocidades de cortes sobre facas, foi importante para dimensionar o perfil de corte, velocidade e número de eixos ideais para que o sistema trabalhe sem perdas ocasionadas pelo travamento e que não houvesse aumento no valor para a confecção do projeto. Com as mudanças no sistema de corte, notou-se uma melhoria em relação à produtividade, fazendo com que o equipamento gerasse mais resultado na jornada de trabalho.

A implantação da esteira foi fundamental e de grandes resultados para os requisitos de segurança na operação e ergonomia nas atividades durante a jornada de trabalho. O operador deixou de fazer movimentos repetitivos por conta da esteira auxiliar e com o novo sistema de corte das lâminas, não ocorreram mais travamentos, onde eliminou as paradas para limpeza do equipamento quando o ciclo era interrompido por travamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA, Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf
Acesso em 15 de maio. 2021.

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 hortares de coco verde. *Revista Brasileira de Fruticultura* v.31, n.3, p. 837-846, 2009.

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

CEMPRE. Perfil de recicladora de fibras de coco. São Paulo, 1998. 35p. (Reciclagem & Negócio: Fibra de Coco).

EKMAN, R. Development of a Plastic Shredder. Dissertação (Mestrado) – Faculty of Engineering LTH, Lund University. Lund, 2018.

GONÇALVES, L. R. GASPAROTTO, A. M. S. UM ESTUDO SOBRE GESTÃO PELA QUALIDADE TOTAL NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. *Revista Interface Tecnológica, [S. l.]*, v. 16, n. 2, p. 428-440, 2019. DOI: 10.31510/infa. v16i2.636. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/636>. Acesso em: 30 maio. 2021.

MANO, E. B; PACHECHO, E. B. A. V; BONELLI, C. M. C. Meio ambiente, poluição e reciclagem. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

MIRANDA, F. R.; OLIVEIRA, F. N. S.; ROSA, M. F. Efeito da cobertura morta com a fibra da casca de coco sobre a temperatura do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 35, n. 2, p. 335-339. 2004.

PRASHANT, Y.; GOPINATH, C.; RAVICHANDRAN, V. Design and development of coconut fiber extraction machine. *SAS Tech Journal*, v. 13, n. 1, 2014

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).

SILVA, A. C. Reaproveitamento da Casca de Coco Verde. *Revista Monografias Ambientais [online] - REMOA*, v. 13, n. 5, 2014.

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.13281335, 2006.

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/CJFDTotol-NJYJ201502006.htm>. Acesso em 10-01-2017. 2015.

VILLA, F. T. Coconut husk mini-chipper machine. *International Journal of Engineering Research and General Science*, v. 4, n.1, p. 611-623, 2016.