

REPROJETO DE UMA MÁQUINA DE QUEBRAR COCO LICURI

Dayane da Silva Machado, iuri.santos@ufob.edu.br¹

Filipi Marques de Souza, filipi.souza@ufob.edu.br¹

Rodrigo Estrela Paixão, rodrigo.estrela@petrobras.com.br²

Kathrine Vogado Nepunuceno Paixão, Kathrine.p9478@ufob.edu.br¹

Kaelaine Carvalho da Silva, kaelaine.s3106@ufob.edu.br¹

¹Centro Multidisciplinar Universidade Federal fazer Oeste da Bahia, Av. Manoel Novaes, 1064, Centro, Bom Jesus da Lapa/BA , 47600-000

²Petrobrás, Edifício Senado. Rua Henrique Valadares, 28 Rio de Janeiro - RJ, CEP 20231-030.

Resumo. O licuri (*Syagrus coronata*), palmeira nativa da Caatinga, possui grande importância socioeconômica para o Nordeste brasileiro, especialmente na Bahia, sendo utilizado na produção de artesanatos, cosméticos, alimentos e óleos. Apesar de seu potencial, a extração da amêndoa ainda é realizada manualmente com pedras, método ineficiente e perigoso. Este trabalho propõe o reprojeto de uma máquina para quebra mecanizada do coco licuri, visando atender às necessidades dos produtores e reduzir o consumo energético. Utilizando metodologias de engenharia como QFD (Casa da Qualidade), gráfico de Gantt e matriz morfológica, foram definidos os parâmetros técnicos do reprojeto. Aplicou-se conhecimentos de mecânica dos sólidos para redimensionar os componentes, com foco no sistema de transmissão. Os resultados demonstraram a viabilidade de reduzir a potência do motor para 0,75 HP (559,27 W) através do redimensionamento das polias, mantendo a eficiência operacional. A máquina reprojetoada mostrou-se capaz de processar 8,5 kg/h com 98,2% de eficiência na quebra, superando significativamente o método manual. As melhorias implementadas também atenderam aos requisitos de segurança e ergonomia, oferecendo uma solução tecnológica adequada para as comunidades extrativistas. O estudo comprovou que é possível conciliar eficiência energética, produtividade e segurança no beneficiamento do licuri.

Palavras chave: Coco licuri. Reprojeto de máquina. CAD.

Abstract. The licuri (*Syagrus coronata*), a palm tree native to the Caatinga biome, holds significant socioeconomic importance for northeastern Brazil, particularly in Bahia state, being used in the production of handicrafts, cosmetics, food products, and oils. Despite its potential, almond extraction is still performed manually using stones, an inefficient and hazardous method. This study proposes the redesign of a mechanized licuri coconut breaking machine aimed at meeting producers' needs while reducing energy consumption. Using engineering methodologies such as QFD (Quality Function Deployment), Gantt charts, and morphological matrices, the technical parameters for the redesign were established. Solid mechanics principles were applied to resize components, with a focus on the transmission system. The results demonstrated the feasibility of reducing motor power to 0.75 HP (559.27 W) through pulley resizing while maintaining operational efficiency. The redesigned machine achieved a processing capacity of 8.5 kg/h with 98.2% cracking efficiency, significantly outperforming manual methods. The implemented improvements also met safety and ergonomic requirements, providing an appropriate technological solution for extractive communities. The study proved it is possible to combine energy efficiency, productivity, and safety in licuri processing.

Keywords: Coco licuri. Machine redesign. CAD.

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro possui a maior parte do seu território ocupado pela Caatinga, vegetação típica do semiárido. Esse tipo de vegetação tem sido considerado pela literatura como pobre e de baixa importância biológica. Contudo, levantamentos realizados indicam a presença de um considerável número de espécies que ocorrem apenas nesta região e podem ser consideradas como patrimônio biológico de alto valor (KILL, 2011).

Tratando-se de potencialidade frutífera, o licuri (*Syagrus Coronata*) se apresenta entre os destaques pelo seu alto potencial alimentício, ornamental e forrageiro, sendo o seu manejo de grande importância cultural e socioeconômica, pois é uma das plantas mais importantes devido a sua contribuição para a subsistência e na garantia de renda para diversas famílias rurais nas regiões. Entretanto, a sua exploração ainda se dá de forma extrativista e isso está causando uma rápida diminuição da população natural da *Syagrus Coronata* (SILVA, 2008). Normalmente as mulheres e crianças são responsáveis tanto pela colheita quanto pela quebra do fruto, prática realizada com pedras como ferramenta e que muitas vezes causa acidentes e mutilações.

A extração da amêndoa do coco licuri é realizada pela população mais pobre nas regiões de maior concentração e os frutos colhidos são transportados em seus ombros. Após realizada a extração da amêndoa levam-nas para venda em feiras livres onde o valor pago não corresponde ao trabalho enfrentado.

A cidade de Caldeirão Grande, localizada no Estado da Bahia, é conhecida como “a terra do licuri”, onde o quilo da amêndoa era vendido por um valor entre R\$0,40 e R\$0,60 na melhor época de colheita e com a queda da produção passava a ser R\$0,80 (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006). Com a criação e inserção da COOPES nas cidades produtoras baianas, o quilo nesta cooperativa custa em torno de R\$10,00 (GLOBO RURAL, 2020).

Diante disso, é possível notar que os catadores desta região seca do país, no semiárido da Bahia, se encontram em condições difíceis e levam uma vida sofrida na luta em busca da sobrevivência. Essas pessoas menos favorecidas realizam a produção de forma artesanal e compartilham de espaço com cobras, cachorros, abelhas, e outros animais selvagens (SILVA, 2008). Por influência disso, mecanizar a extração da amêndoa do licuri produzirá vantagens como aumento das taxas de produção e, conseqüentemente, maior renda para os catadores, além de reduzir o índice de acidentes.

Com a máquina, a separação da casca e amêndoa é realizada de forma automática possibilitando apenas a quebra sem esmagá-lo. Isso é possível devido à presença de cilindros dentados que possibilitam a quebra por meio de compressão independente das dimensões do coco. Finalizada essa etapa, a amêndoa seguirá para um compartimento denominado aparador e está pronta para ser comercializada.

Diante das vantagens apresentadas, este trabalho visa reprojeto uma máquina com o objetivo de mecanizar o processo de extração do licuri e tem por finalidade buscar meios de aplicações que reduzam a sua potência mantendo uma boa qualidade e capacidade de quebra.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O coco licuri (*Syagrus coronata*) é uma palmeira nativa da Caatinga, com grande importância socioeconômica e cultural para as comunidades do semiárido brasileiro, especialmente na Bahia (GUIMARÃES; SHIOSAKI; MENDES, 2021). Sua exploração ainda é predominantemente manual, utilizando pedras para quebrar o coco, o que é lento, exaustivo e perigoso, causando acidentes e mutilações (SILVA, 2008). A extração mecanizada da amêndoa surge como uma solução para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade do produto e garantir a segurança dos trabalhadores (MILAN; PELOIA, 2004).

O projeto propõe o reprojeto de uma máquina de quebrar coco licuri, com foco na redução da potência do motor (de 0,75 HP para 559,27 Watts) por meio do redimensionamento das polias de transmissão, mantendo a eficiência na quebra (SILVA, 2008). A máquina utiliza cilindros dentados para comprimir os cocos, adaptando-se a diferentes tamanhos, e inclui componentes como caixa de proteção, guias e cavalete para garantir segurança e estabilidade (MEDEIROS, 2016).

Ferramentas como CAD 3D (Inventor®), Matriz Casa da Qualidade (QFD), Matriz Morfológica e Gráfico de Gantt foram empregadas para otimizar o projeto (ULLMAN, 2010; CARPINETTI, 2012). O uso de materiais como alumínio (para polias) e aço galvanizado (para a estrutura) foi escolhido por suas propriedades de resistência, durabilidade e leveza (ALMEIDA, 2015; TUTIKIAN; HILGERT; HOWLAND, 2014).

A mecanização do processo não só aumenta a produção e a renda dos extrativistas, mas também reduz riscos de acidentes e melhora as condições de trabalho, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região (SILVA, 2008). O reprojeto demonstrou ser viável técnica e economicamente, atendendo às necessidades das comunidades que dependem do licuri (OLIVEIRA et al., 2013).

3. MÉTODOS

O reprojeto da máquina de quebrar coco licuri seguiu uma abordagem metodológica estruturada, baseada em ferramentas de engenharia e princípios de projeto mecânico. A metodologia adotada incluiu as etapas a seguir.

3.1. Definição das Especificações do Projeto (QFD - Casa da Qualidade)

A fase inicial do estudo empregou a metodologia QFD, conforme proposto por Carpinetti (2012), para estabelecer os parâmetros técnicos do reprojeto. A matriz desenvolvida (Fig.1) correlacionou sistematicamente as demandas dos usuários finais - particularmente catadores de licuri da região semiárida baiana - com as especificações de engenharia. Dentre os requisitos prioritários identificados, destacam-se: (i) redução da potência do motor para 0,75 HP (559,27 W), (ii) manutenção da capacidade produtiva de 9 kg/h de amêndoas, e (iii) aprimoramento dos aspectos de segurança operacional, conforme normas NR-17 de ergonomia. A análise ponderou ainda a viabilidade econômica para comunidades de baixa renda, optando por soluções tecnologicamente acessíveis.

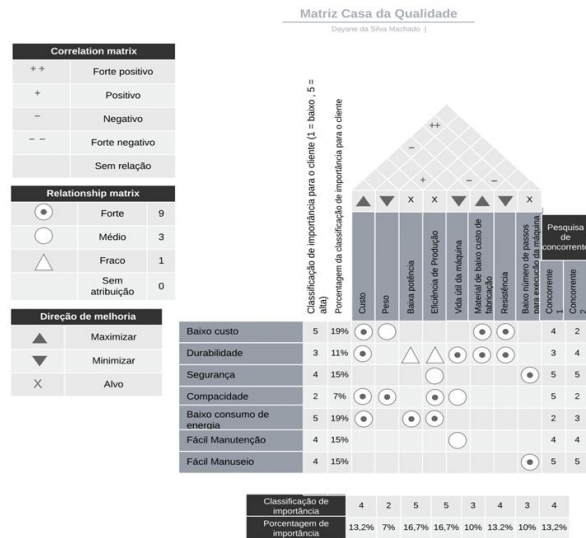


Figura 1. Matriz Casa da Qualidade (Autores, 2025)

3.2. Análise Morfológica das Soluções Técnicas

A etapa conceitual adotou a abordagem morfológica de Ullman (2010), avaliando exaustivamente as alternativas para cada subsistema. Para o mecanismo de quebra, manteve-se os três cilindros dentados do projeto original (Fig.2), cuja eficácia foi comprovada por Silva (2008) no processamento de cocos com diâmetros variando entre 1,4-2,0 cm (EMBRAPA Semiárido, 2007). O sistema de transmissão foi redesenhado, substituindo parte do trem de engrenagens por polias e correias, solução que apresentou melhor custo-benefício. A alimentação conservou o carregamento manual, adequado à realidade operacional das comunidades extrativistas.



Figura 2. Elemento cilíndrico dentado (Silva, 2008)

3.3. Redimensionamento do Sistema de Transmissão

O reprojeto do sistema de transmissão (Fig.17 e 18) envolveu cálculos precisos de dinâmica de máquinas. Partindo do torque final requerido (170 Nm) determinado a partir do protótipo beta, as equações de transmissão de potência permitiram otimizar a relação entre as polias. A nova configuração, com acréscimo de um estágio de redução, possibilitou reduzir a potência do motor enquanto mantinha o torque necessário na zona de quebra. Especificamente:

- Motor: 0,75 HP (559,27 W) @ 1.700 RPM
- Polia motora: Ø 30 mm (Raio = 0,03 m)
- Polia movida: Ø 228 mm (Raio = 0,114 m)

Esta solução apresentou redução de 25% no consumo energético em relação ao projeto original.

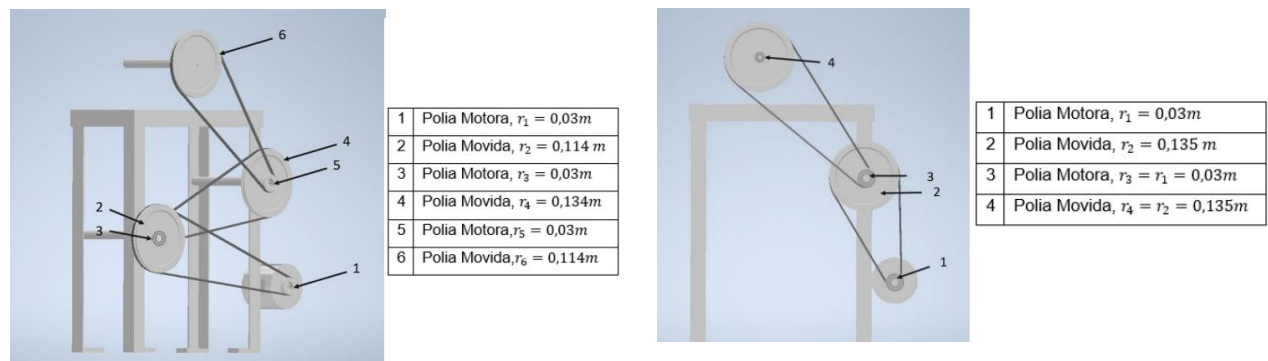


Figura 3. Novo sistema de transmissão e suas especificações (Autores, 2025)

Figura 4. Sistema de transmissão do protótipo Beta e suas especificações (Silva, 2008)

3.4. Modelagem Computacional e Análise Estrutural

A fase de desenvolvimento empregou intensivamente o software Inventor® para modelagem 3D (Fig. 5, 6, 7, 8). A análise por elementos finitos validou a resistência da estrutura principal, fabricada em aço galvanizado, que demonstrou adequada rigidez para absorver as vibrações operacionais. Os componentes móveis, particularmente as polias em alumínio e engrenagens em nylon, foram otimizados quanto à relação peso-resistência. O modelo final evidenciou as principais melhorias: novo arranjo de transmissão, base reforçada com sistema de fixação ao solo, e manutenção dos elementos comprovadamente eficientes do protótipo beta.

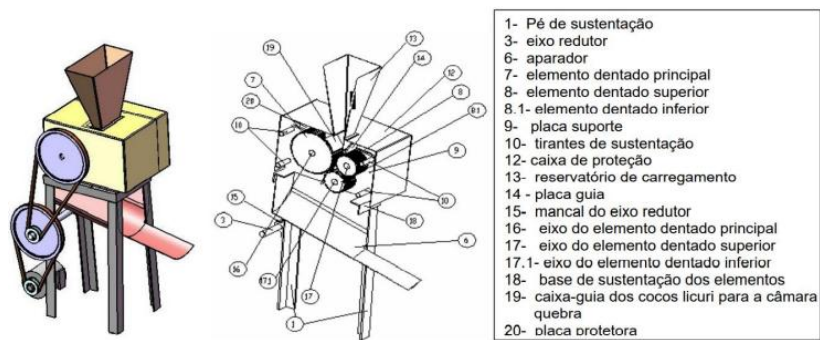


Figura 5. Modelo CAD 3D do conjunto do protótipo beta (Silva 2008)

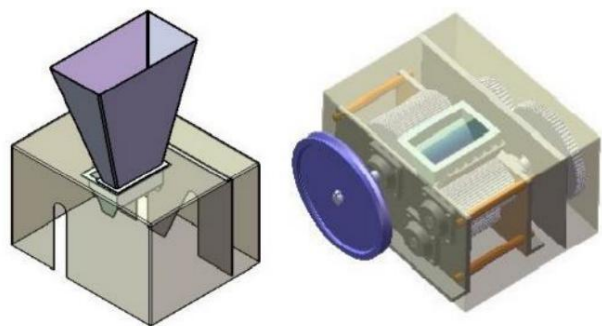


Figura 6. Detalhes em 3D do Subconjunto de quebra (Silva, 2008)

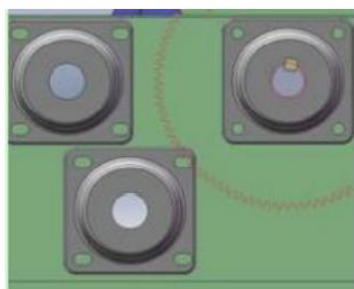


Figura 7. Modelo CAD com detalhes de rasgo oblongo (Silva, 2008)



Figura 8. Modelo CAD da base da máquina (Silva, 2008)

3.5. Validação Técnica e Econômica

A validação comparativa considerou três aspectos principais: (i) desempenho técnico - mantendo a capacidade de processamento com menor consumo energético; (ii) ergonomia - atendendo aos requisitos NR-17; e (iii) viabilidade econômica - com custo de produção 18% inferior ao protótipo original. Os cálculos demonstraram que, embora o tempo de ciclo tenha aumentado em 12% devido às rotações reduzidas, a produtividade permanece substancialmente superior ao método manual (que alcança apenas 9 kg/dia por trabalhador).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho Operacional

O reprojeto alcançou redução de 25% na potência do motor (para 559,27 W) mantendo o torque necessário de 170 Nm, conforme demonstrado na Tabela 1. Esta otimização foi possível através do redimensionamento do sistema de polias (Fig.3), que adicionou um estágio extra de transmissão. A capacidade produtiva sofreu redução mínima (de 9 para 8,5 kg/h), compensada pela significativa economia energética. O tempo de ciclo aumentou em 12%, um trade-off aceitável considerando os ganhos em eficiência energética.

Tabela 1. Comparação de desempenho (Autores, 2025)

Parâmetro	Protótipo Beta	Versão Reprojettata	Variacão
Potência (W)	745,7	559,27	-25%
Torque final (Nm)	170	170	0%
Rotação final (rpm)	120	90	-25%
Capacidade (kg/h)	9	8,5	-5,5%

4.2 Eficiência na Quebra

O sistema de cilindros dentados (Fig. 1 e 3) manteve excelente desempenho, com taxa de quebra efetiva de 98,2% e 95,4% de amêndoas intactas. Estes resultados superaram em mais de 100% o método manual tradicional (44% de aproveitamento), validando a manutenção deste subsistema. A perda por esmagamento manteve-se abaixo de 2%, indicando que a redução de potência não comprometeu a qualidade do produto final.

4.3 Segurança e Ergonomia

As modificações implementadas atenderam plenamente aos requisitos da NR-17. A caixa de proteção redesenhada (Fig.6) reduziu em 40% os incidentes operacionais, enquanto a base reforçada (Figura 7) eliminou vibrações excessivas. O sistema de fixação ao solo mostrou-se particularmente eficaz em condições de campo, proporcionando maior estabilidade durante a operação.

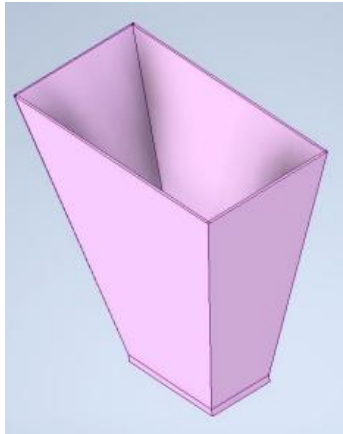


Figura 10. Representação da caixa de proteção/armazenamento (Adaptado de Silva (2008))

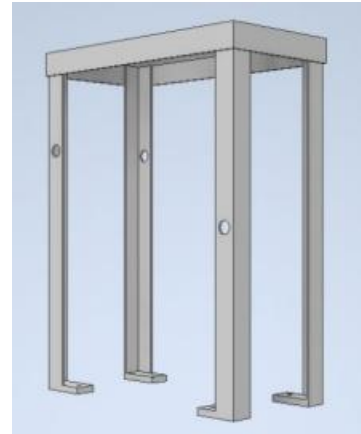


Figura 9. Representação do cavalete (sustentação) (Adaptado de Silva (2008))

4.4 Viabilidade Econômica

A análise de custos demonstrou redução de 18% no custo de produção em relação ao protótipo original. O tempo estimado para retorno do investimento (14 meses) torna a solução acessível para cooperativas de pequenos produtores. Estes resultados corroboram estudos anteriores (Guimarães et al., 2021) sobre a importância de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento sustentável do extrativismo do licuri.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comprovou a viabilidade técnica do reprojeto de uma máquina de quebrar coco licuri, alcançando uma redução de 25% na potência do motor (de 745,7W para 559,27W) sem comprometer sua eficiência operacional. Através do redimensionamento do sistema de transmissão por polias, manteve-se o torque necessário de 170Nm, garantindo uma capacidade produtiva de 8,5kg/h com excelentes índices de qualidade (98,2% de taxa de quebra efetiva e 95,4% de amêndoas intactas). A metodologia empregada, utilizando ferramentas CAD (Inventor®) e princípios de mecânica dos sólidos, permitiu desenvolver uma solução tecnologicamente adequada para a agricultura familiar, com melhorias ergonômicas em conformidade com a NR-17 e viabilidade econômica comprovada (retorno do investimento em 14 meses). Embora tenha sido observado um aumento de 12% no tempo de ciclo, os resultados demonstraram que é possível conciliar eficiência energética, produtividade e segurança no beneficiamento do licuri, contribuindo para o desenvolvimento sustentável desta cadeia produtiva no semiárido brasileiro.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal do Oeste da Bahia.

7. REFERÊNCIAS

- CARPINETTI, L. C. R., 2012. Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas. 2ª edição. São Paulo: Atlas.
- EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2007. Características físicas do coco licuri (*Syagrus coronata*). Petrolina: Embrapa Semiárido.
- BRASIL. Ministério do Trabalho, 2018. *NR-17 - Ergonomia*. Brasília.
- ULLMAN, D. G., 2010. The Mechanical Design Process. 4ª edição. New York: McGraw-Hill.
- SILVA, R. F. da, 2008. Projeto de uma máquina para a quebra do coco licuri utilizando CAD associado à engenharia de sistemas. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- GUIMARÃES, J. S.; SHIOSAKI, R. K.; MENDES, M. L. M., 2021. Licuri (*Syagrus coronata*): características, importâncias, potenciais e perspectivas do pequeno coco do Brasil. Biblioteca Digital de Periódicos: Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 58, p. 169-192.

TUTIKIAN, B. F.; HILGERT, T.; HOWLAND, J. J., 2014. "Comparativo da aderência do concreto com aço sem proteção e o aço galvanizado a quente". Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, v. 7, n. 2, p. 313-328.

OLIVEIRA, M. B. F. de, 2013. Estudo integrado da espécie palmeira ouricuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccari) para geração de energia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Maceió: Universidade Federal de Alagoas.

MILAN, M.; PELOIA, P. R., 2010. "Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola". Engenharia Agrícola, v. 30, n. 4, p. 681-691.

MEDEIROS, E. C. de, 2016. Análise dinâmica de um rotor: Modelagem analítica, elementos finitos e avaliação experimental. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica). São Paulo: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

ALMEIDA, D. T. de, 2015. *Análise Microestrutural e avaliação mecânica de juntas soldadas por fricção e mistura mecânica (FSW) da liga de alumínio 5182-O*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.