



## **DESENVOLVIMENTO DE UMA MÁQUINA DE DECORTICAÇÃO DE CASTANHA DE CAJU**

**Romeu Rony Cavalcante da Costa**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

E-mail: [romeu\\_rony@yahoo.com](mailto:romeu_rony@yahoo.com)

**Seyyed Said Dana**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

E-mail: [dana@dtm.ct.ufpb.br](mailto:dana@dtm.ct.ufpb.br)

**Francisco Augusto Ferreira Segundo Neto**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

E-mail: [franciscosegundo@globo.com](mailto:franciscosegundo@globo.com)

**José Gonçalves de Almeida**

UFPB, CT, DTM, CEP 58051-900

**Edson dos Santos**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

**Josenilson dos Santos Araújo**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

**Cleonildo Soares Braga**

UFPB, CT, DTM, Laboratório de Automação e Controle, CEP 58051-900

***Resumo.** A proposta de desenvolvimento da máquina semi-automática para descascar castanha de caju se deu por causa da necessidade urgente de se desenvolver, não somente, uma máquina ergonomicamente projetada que acomodasse o operador, mas que também possibilitasse a melhora da qualidade e o aumento da produção das castanhas descascadas. Portanto, o projeto conceitual seguirá o princípio da máquina manual já existente, porém, fizeram-se algumas modificações, substituições e melhorias das partes que oferecem perigo de mutilação aos operários. Para tanto, o protótipo idealizado é acionado eletricamente, tendo como atuadores três solenóides, dos quais um é responsável por efetuar o corte das castanhas, através do movimento das lâminas cortantes que são conectadas ao solenóide por intermédio de mecanismos de barras articuladas, que além de proporcionar o movimento das lâminas serve como amplificador de força. Neste trabalho são descritos o projeto proposto e suas vantagens.*

***Palavras-chave:** castanha de caju, automação agroindustrial, tecnologia apropriada e qualidade.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O caju constitui um produto de elevada importância sócio-econômica para o nordeste brasileiro, devido ao excelente mercado internacional existente para as amêndoas de castanha de caju. Porém, o pequeno produtor rural é carente de infraestrutura tecnológica que lhe proporcione as condições mínimas necessárias exigidas pelo mercado. Portanto, procura-se desenvolver máquinas agrícolas semi-automáticas que não demandem grandes investimentos e que realize o trabalho com qualidade, promovendo, assim, uma boa produtividade e segurança para seus usuários.

Com essa ótica, desenvolveu-se uma máquina semi-automática que descasque castanha, visando erradicar as condições insalubres de trabalho, objetivando a produção de amêndoas inteiras, eliminando as condições desfavoráveis à realização do trabalho e não ao posto de trabalho. Tendo

em vista que a operação de decorticação é o maior gargalo da indústria de beneficiamento de castanha de caju, devido ao alto índice de quebra das amêndoas e ao grande investimento de implantação no processo mecanizado e às pequenas taxas de produção e condições de trabalho, longe do princípio da produção segura, no processo semimecanizado.

Então, para o desenvolvimento da máquina de descascar castanha, considerou-se o estudo ergonômico realizado por FIGUEIREDO (1998), como também, o estudo que determinou o esforço necessário para efetuar o corte da castanha, COSTA (2000).

## 2. ANÁLISE ESTÁTICA DE FORÇAS

Para a análise estática tomar-se-á o mecanismo de três barras existente em uma posição conhecida, Fig. (1) e, assim, analisar-se-á o comportamento de distribuição de forças e suas componentes. Tem-se como dados os comprimentos das barras, o ângulo  $\theta_2$  (ângulo entre a direção da barra dois e a horizontal, medido no sentido anti-horário) e a força de corte ( $F_c$ ) que foi quantificada anteriormente através do sistema de alavanca, com o valor de 693 N, sendo acrescida de 15%, COSTA (2000) e corroborada com AJAV (1996).

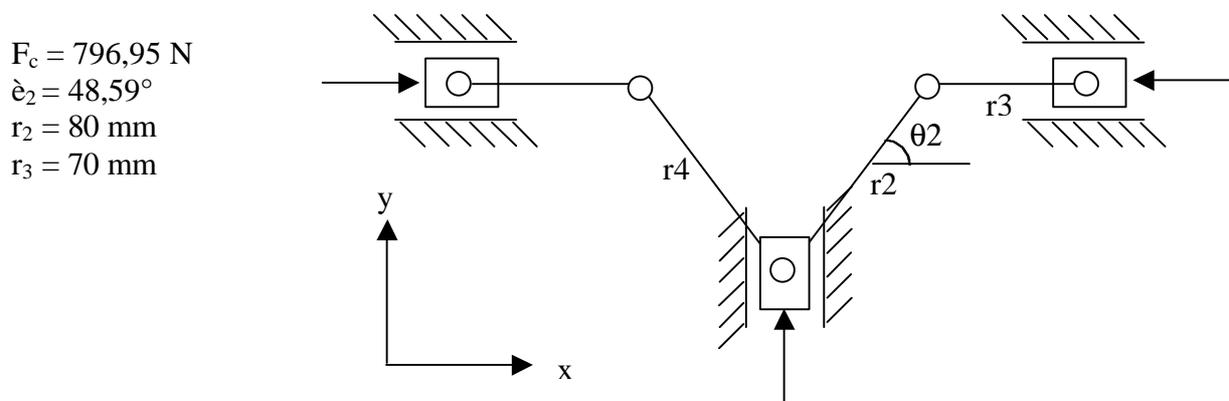


Figura 1. Posição esquemática do mecanismo de três barras.

## 3. ANÁLISE DE FORÇA DESCONSIDERANDO O ATRITO

Nesta etapa analisar-se-á cada membro do mecanismo e determinar-se-á as forças atuantes sobre cada um deles, para tanto, separam-se e representam-se cada membro com as respectivas forças atuantes sobre cada um deles, como se pode ver logo abaixo na Fig. (2), utilizar-se-á também a seguinte nomenclatura:

$F_c = F_{c1} = F_{c2}$  = força de corte em Newtons (N);

$r_2 = r_4$  = comprimento das barras 2 e 4, respectivamente, em milímetros (mm);

$r_3 = r_5$  = comprimento das barras 3 e 5, respectivamente, em milímetros (mm);

$F_s$  = força disponibilizada pelo solenóide em Newtons (N);

$W$  = peso das barras em Newtons (N);

$W_2 = W_4 = 2,131$  N;

$W_3 = W_5 = 10,71$  N;

$R_{13}$  = força reativa da barra imaginária 1 na barra 3, o mesmo acontece com a barra 5, esta reação está em Newtons (N).

Análise de forças na barra 3:

$$+ \rightarrow \sum F_x^3 = 0 \therefore -F_{c1} + F_{23} \cos \theta_2 = 0 \therefore F_{23} = \frac{F_{c1}}{\cos \theta_2} \Rightarrow F_{23} = F_{45} = 1204,87 \text{ N} \quad (1)$$

$$+ \uparrow \sum F_y^3 \therefore F_{23} \sin \theta_2 - R_{13} - W_3 = 0 \Rightarrow R_{13} = F_{23} \sin \theta_2 - W_3 \Rightarrow$$

$$R_{13} = R_{15} = 892,94N \quad (2)$$

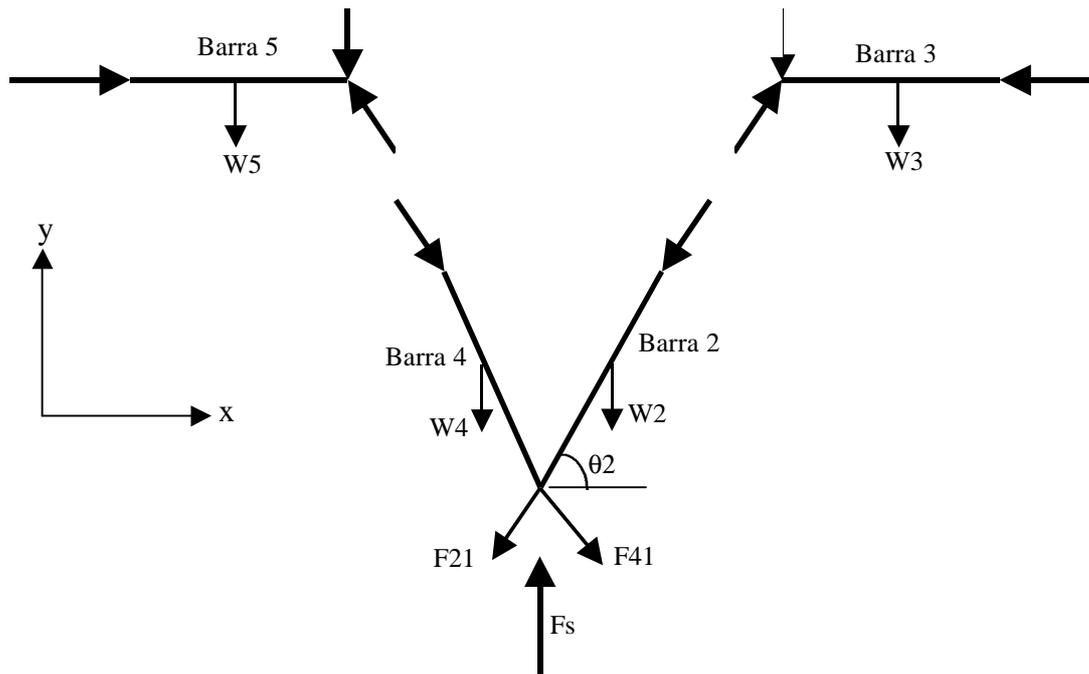


Figura 2. Representação esquemática da atuação das forças em cada barra.

Análise de forças nas barras 2 e 4

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0 \therefore F_{54} \cos \mathbf{q}_2 - F_{32} \cos \mathbf{q}_2 = 0 \Rightarrow F_{54} = F_{32} \quad (3)$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \therefore F_s - F_{54} \sin \mathbf{q}_2 - W_4 - W_2 - F_{32} \sin \mathbf{q}_2 = 0 \Rightarrow F_s = 2F_{32} \sin \mathbf{q}_2 + 2W_2 \Rightarrow$$

$$F_s = 1811,56N \quad (4)$$

#### 4. ANÁLISE DE FORÇAS CONSIDERANDO O ATRITO

Com a análise das forças de atrito determina-se o quanto de força sobressalente será preciso adicionar ao sistema para que a máquina possa vencer o atrito estático e ainda realizar a operação de corte. Para tanto, será empregado o mesmo procedimento da análise anterior (esforço membro a membro) adicionando o círculo de atrito na barra 3, como se pode ver logo abaixo na Fig (3), ilustrando o círculo de atrito fora de escala.

Onde:

$\theta$  = ângulo de atrito em graus;

$\mu$  = coeficiente de atrito estático;

R = raio da junta de união de uma barra com a outra, em milímetros (mm);

$R_f$  = raio do círculo de atrito em milímetros (mm).

Analisando a barra 3, tem-se:

$$+ \uparrow \sum F_y^3 = 0 \therefore F_{23} \sin \mathbf{q}_2 - R_{13}^n - W_3 = 0 \Rightarrow R_{13}^n = F_{23} \sin \mathbf{q}_2 - W_3 \quad (5)$$

$$+ \rightarrow \sum F_x^3 = 0 \therefore -F_c + \mathbf{m}R_{13}^n + F_{23} \cos \mathbf{q}_2 = 0 \Rightarrow F_{23} = \frac{F_c - \mathbf{m}W_3}{\cos \mathbf{q}_2 - \mathbf{m} \sin \mathbf{q}_2} \quad (6)$$

$$F_{23} = F_{45} = 1448,86N ; R_{13} = 1075,93N \quad (7)$$

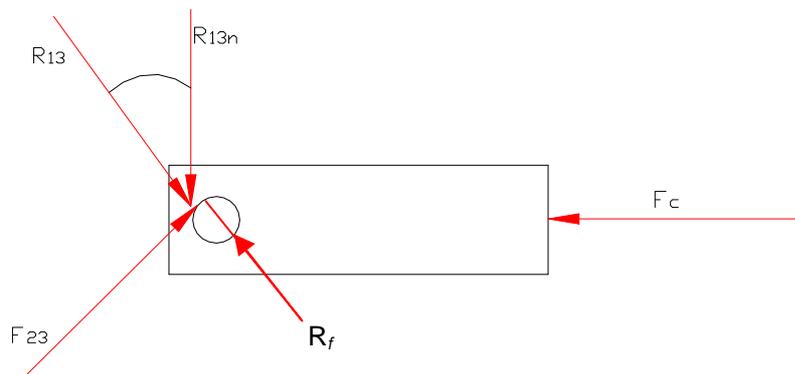


Figura 3. Ilustração da aplicação de força considerando o atrito.

Analisando as barras 2 e 4, determinar-se-á a força necessária que o solenóide deverá empreender para efetuar o corte da castanha, por facilidade representa-se apenas uma barra através da Fig. (4), pois elas são simétricas.

$$\dot{i} = 0,15$$

$$R = 4,1 \text{ mm}$$

$$j = \text{tg}^{-1}(m) = 8,53^\circ$$

$$R_f = R \text{ sen } \varphi = 0,61$$

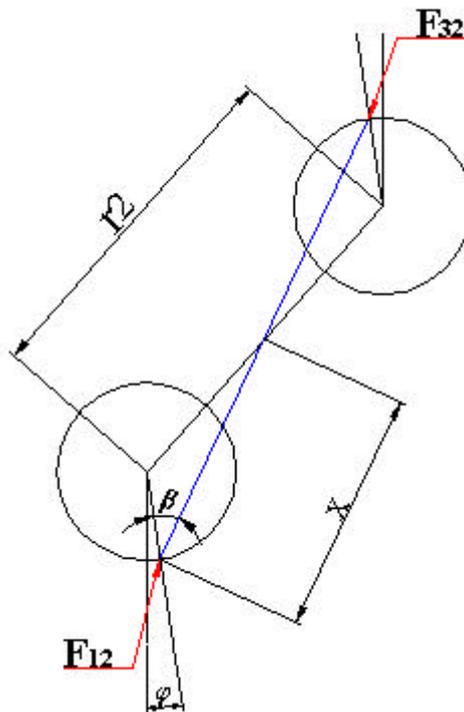


Figura 4. Representação esquemática da barra 2 considerando o atrito.

$$X = \sqrt{R_f^2 + \left(\frac{r_2}{2}\right)^2} - R_f r_2 \cos(90 + q_2 - \varphi) \Rightarrow X = 40,20\text{mm} \quad (8)$$

$$b = \arcsen\left(\frac{r_2}{2.X} \sin(90 + q_2 - \varphi)\right) \Rightarrow b = 49,60^\circ \quad (9)$$

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0 \therefore F_{41} \cos q_2 - F_{21} \cos q_2 = 0 \Rightarrow F_{41} = F_{21} = F_{23} = 1448,86 \quad (10)$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \therefore -F_{41} \sin q_2 - F_{21} \sin q_2 - W_4 - W_2 + F_s = 0 \Rightarrow F_s = 2(F_{21} \sin q_2 + W_2) \Rightarrow$$

$$F_s = 2177,54N \quad (11)$$

Esta seria a força necessária que o solenóide teria que disponibilizar para efetuar o corte nessa posição, mas como essa força só será requisitada quando a lâmina encostar na castanha e para isso o ângulo  $\hat{e}_2$  tem que diminuir, então quando  $\hat{e}_2$  aproxima-se de zero a força de corte disponível na lâmina superará a força requisitada pela castanha, necessitando de um solenóide que disponibilize uma força menor do esta calculada para essa posição, ou seja, considerando:  $\hat{e}_2 = 2^\circ$ ;  $F_s = 260$  N;  $W_2 = 2,131$  N; tomando-se as equações (1) e (4). Tem-se a equação:

$$F_c = \frac{F_s - 2.W_2}{2.tg q_2} \Rightarrow F_c = 3661,69N$$

Então, quanto menor o ângulo maior será a contribuição da força na horizontal. Porém, tem-se que ter cuidado com isso, porque com a diminuição do ângulo implica na redução do deslocamento, o que afetará a penetração da lâmina na castanha.

Para justificar a utilização do solenóide indicado, salienta-se que o carregamento utilizado para determinação do esforço de corte requerido pela castanha se deu de forma estática, enquanto que na máquina semi-automática tem-se a massa em movimento, ou seja, as forças de inércias que ajudam na efetuação do corte.

## 5. CONSTITUIÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo é constituído, em sua maior parte, de sistemas de fácil fabricação, ou seja, de sistema que não necessitam de máquinas ferramentas ou mão-de-obra muito especializada para a sua execução. Desta forma, em quase sua totalidade pode ser produzida em qualquer metalúrgica, porém com a terceirização da produção de determinados elementos/sistemas. O protótipo é simétrico, ou seja, possibilita o corte de duas castanhas por cada golpe do solenóide principal, vejamos a disposição de cada elemento através de algumas Figuras abaixo e a lista dos principais componentes.

- 01 - Solenóide secundário (dois)
- 02 - Mandíbula Articulada (dois)
- 03 - Mandíbula Móvel (dois)
- 04 - Microruptor (um)
- 05 - Braços (quatro)
- 06 - Solenóide principal (um)
- 07 - Botoeiras (duas)
- 08 - Jogo de Lâminas (dois)
- 09 - Parafusos (porcas e arruelas) (oito)
- 10 - Buchas (quatro)
- 11 - Anéis de fixação (dezesseis)
- 12 - Espera (duas)
- 13 - Eixos (dezesseis)

- 14 - Molas (duas)
- 15 - Haste e Suporte p/ Solenóide (duas)
- 16 - Alavanca (duas)
- 17 - Rodízios (dezoito)
- 18 - Jogo de Limitador (dois)
- 19 - Chassi (um)
- 20 - Suporte para o solenóide (um)
- 21 - Parafusos (porcas e arruelas) (oito)

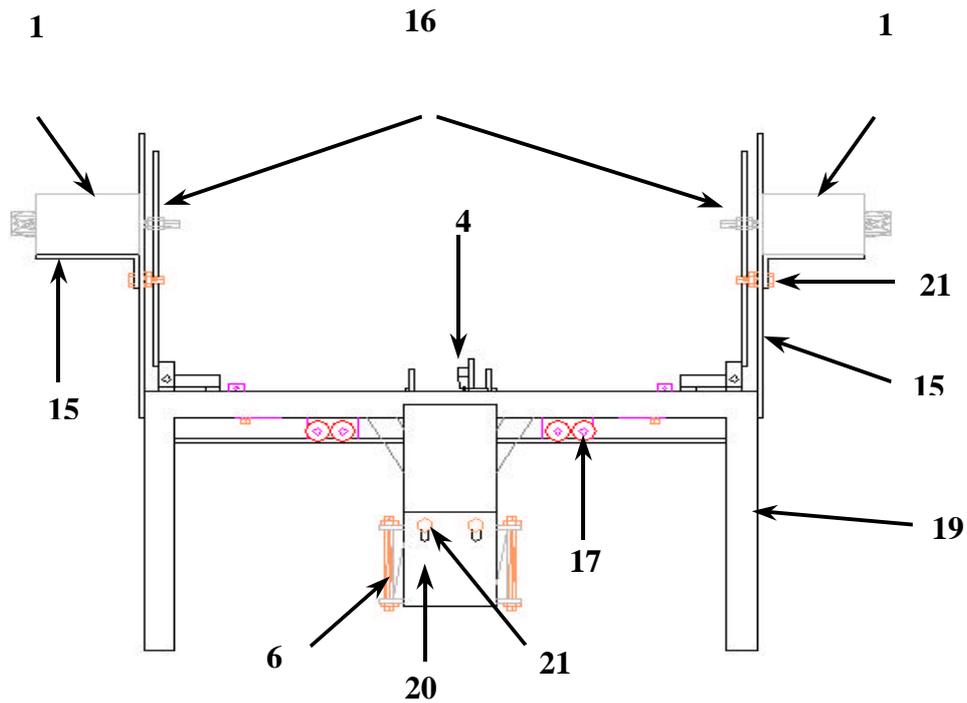


Figura 6. Vista lateral da máquina

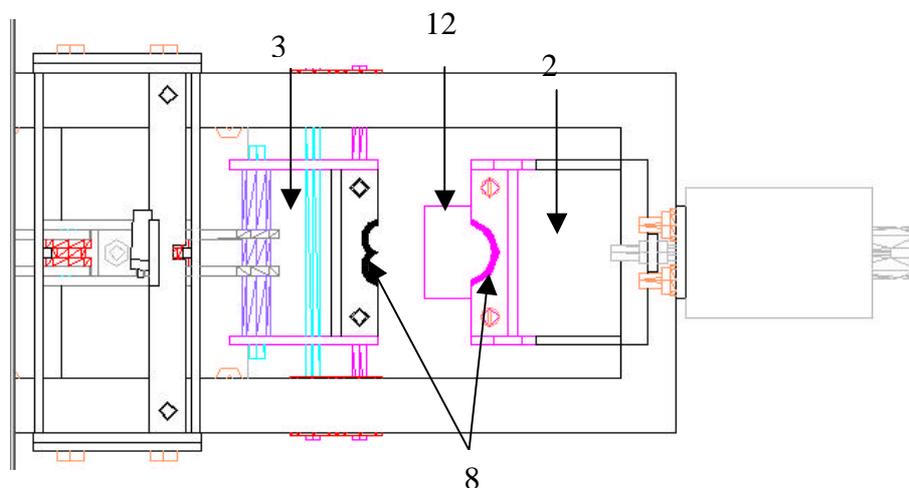


Figura 7. Vista superior de uma mandíbula de corte

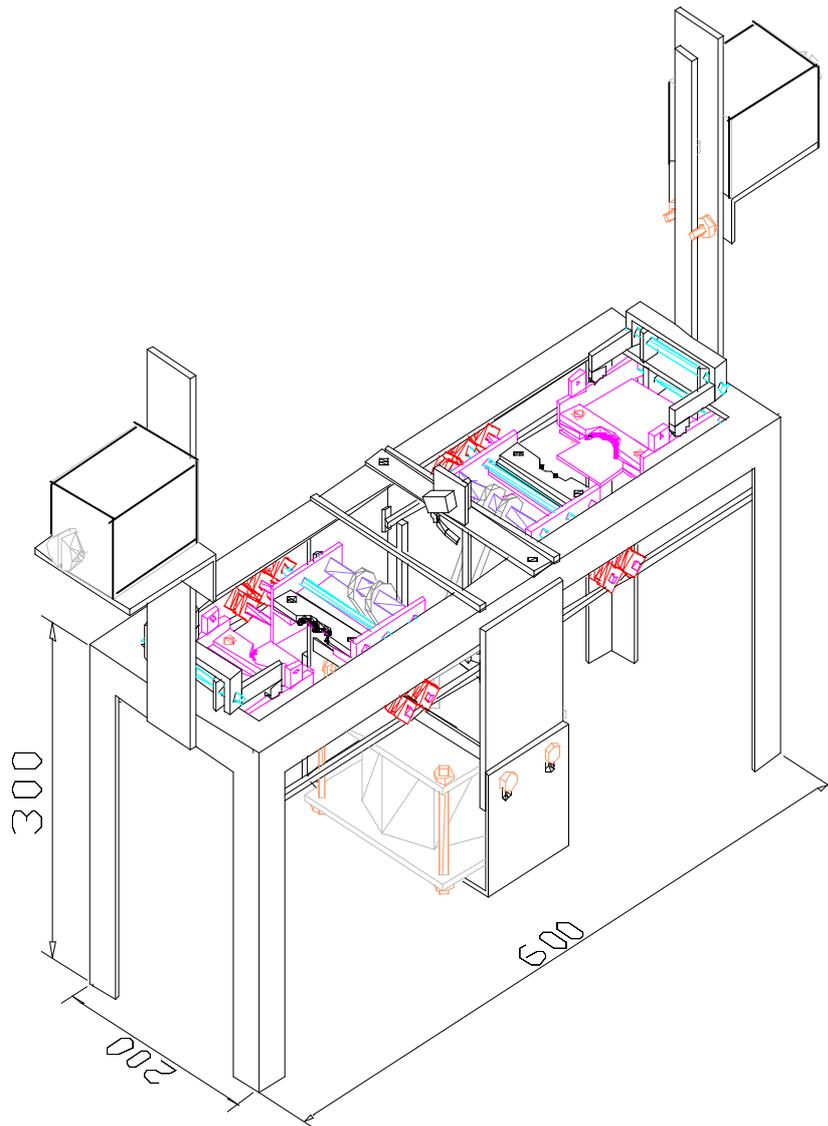


Figura 8. Perspectiva da máquina.



Figura 9. Posição inicial de corte da castanha

## 6. RESULTADOS

Para avaliação da operação de corte da máquina semi-automática utilizaram-se: duas amostras com quarenta castanhas, cada uma (para a máquina efetuar vinte golpes por vez) e duas amostras com 132 castanhas, cada uma (para a máquina efetuar 66 golpes por vez). Para uma melhor avaliação seria necessário que a máquina fosse validada com a sua inserção em uma fábrica de processamento para se poder verificar seu desempenho durante sua utilização em condições normais de trabalho.

A seguir mostrar-se-á os resultados obtidos na Tab. 1.

No corpo da tabela tem-se:

AI – Amêndoas inteiras;

B – Amêndoas em bandas;

AF – Amêndoas feridas pela lâmina;

NC – Castanhas não cortadas.

Tabela 1. Trezentos e quarenta e quatro castanhas cortadas

Classificação do Corte	Resultado da Operação	Percentual (%)
AI	245	71,221
B	38	11,047
AF	33	9,593
NC	28	8,139
TOTAL	344	100

Então, de forma geral tem-se com essa máquina um rendimento de amêndoas inteiras aproximadamente de 70%.

## 7. CONCLUSÕES

Pelos dados obtidos o rendimento de amêndoas inteiras atinge o mesmo patamar da máquina semimecanizada. Porém, não se pode comparar os resultados obtidos, porque as condições dos testes não representaram a severidade da jornada de trabalho; com respeito ao ritmo e as condições impostas pelas empresas beneficiadoras de castanha. Também, salienta-se que com essa máquina o esforço do operário foi reduzido a acionar botoeiras e o posto pode oferecer uma posição mais cômoda, ou seja, o operário pode trabalhar sentado. Portanto, a máquina semi-automática poderá oferecer melhores desempenhos quantitativos e qualitativos na produção de amêndoas, propiciando uma condição não insalubre de trabalho ao operador.

## 8. REFERÊNCIAS

- Figueiredo, F. J. S. de, 1998, “Análise e Proposta de Redesenho do Posto de Trabalho de Corte da Castanha de Caju”. Dissertação de Mestrado/ CT UFPB. João Pessoa, PB, Brasil.
- Costa, R. R. C. da, 2000., “Desenvolvimento de um dispositivo para medir o esforço de corte da castanha de caju”, CONEM 2000 Natal, RN, Brasil.
- Ajav, E. A., 1996, “The design and testing of a low-cost cashew-nut cracker for peasant farms”, Trop Agric., Vol 73 No 3, Trinidad.

## DEVELOPMENT OF A MACHINE SHELLING CASHEW-NUT

**Romeu Rony Cavalcante da Costa**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

E-mail: [romeu\\_rony@yahoo.com](mailto:romeu_rony@yahoo.com)

**Seyyed Said Dana**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

E-mail: [dana@dtm.ct.ufpb.br](mailto:dana@dtm.ct.ufpb.br)

**Francisco Augusto Ferreira Segundo Neto**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

E-mail: [franciscosegundo@globo.com](mailto:franciscosegundo@globo.com)

**Edson dos Santos**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

**Josenilson dos Santos Araújo**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

**Cleonildo Soares Braga**

UFPB, CT, DTM, Laboratory of Automation and Control, CEP 58051-900

***Abstract.** The proposal of designing a semiautomatic machine for cutting cashew nuts comes from an urgent necessity of developing an agronomical machine not only to accommodate the operators but also increasing the quality of cashew nuts as the final product and increase its production rate. Therefore the design concept will follow the existing pattern of the manual machine already in use with several modifications in away to substitute the parts, which are dangerous while in contact with operator. The cutting machine has electrical actuators to move the intermediate mechanism, which it also actuates the cutting blades carrying the task of executing the necessary cutting work. Three electrical actuator of the solenoid is used in the process. The first actuators that is responsible for cutting is linked with a special four linkage mechanism to carry out the work of cutting to the blades, and it is positioned in a way that it also amplifies the cutting force as it approaches its final trajectory. Here in this paper the proposed design is described and its potential advantages are mentioned.*

**Key words:** cashew nut, agro industrial automation, appropriated technology, quality.