



# UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CAMPUS II – CAMPINA GRANDE – PB

NOME DA PESQUISA: ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS  
E MECÂNICAS DOS MATERIAIS BIOLÓGICOS

NOME DO ORIENTADOR : MÁRIO EDUARDO RANGEL MOREIRA  
CAVALCANTI MATA

NOME DO PESQUISADOR: EDMILSON FREIRE DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
AVENIDA APRÍGIO VELOSO, 882 - Cx. Postal 518  
TELEX: 0832211 - FONE: (083) 321.7222  
58.100 - CAMPINA GRANDE – PB  
BRASIL



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO, ARMA  
ZENAGEM E TRANSFERÊNCIA DE PRODUTOS  
AGRÍCOLAS DO NÚCLEO DE TECNOLOGIA EM  
ARMAZENAGEM

NOME DA PESQUISA: ESTUDO DAS PROPRIEDADES  
FÍSICAS E MECÂNICAS DOS  
MATERIAIS BIOLÓGICOS.

NOME DO ORIENTADOR: MÁRIO EDUARDO RANGEL MOREIRA  
CAVALCANTI MATA

NOME DO PESQUISADOR: EDMILSON FREIRE DE SANTANA

Campina Grande - Dezembro/1982

*[Faint handwritten text in a rectangular box]*

*[Faint handwritten text in a rectangular box]*

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTO

I - INTRODUÇÃO

II - OBJETIVO

III - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

IV - CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES

V - MATERIAIS E MÉTODOS

VI - DETERMINAÇÃO E RESULTADOS

VII - DISCUSSÕES

VIII - CONCLUSÕES

IX - BIBLIOGRAFIA

### AGRADECIMENTO

Ao Laboratório de Processamento, Armazenagem e Transferência de Produtos Agrícolas do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem, que me permitiu ampliar e desenvolver meus conhecimentos teóricos e práticos, dando-me uma visão futura de minhas responsabilidades profissionais.

Ao orientador desta pesquisa o Professor Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, ao qual teve bastante paciência em me orientar durante os trabalhos realizados, aqui fica os meus sinceros agradecimentos.

## I - INTRODUÇÃO

Uma constante preocupação do homem é atender com segurança as necessidades tanto alimentares como industriais.

O Brasil detem uma população sempre crescente, implicando uma demanda cada vez maior de seus produtos, exigindo dos agricultores e beneficiadores de produtos agrícolas, aprimorando em suas técnicas principalmente nos períodos de plantio, colheita e pós-colheita, como enfase maior, no que tange aos processos de sementeira, transporte, pré-limpeza, secagem, aeração, padronização e armazenagem.

O conhecimento da forma e tamanho dos produtos agrícolas é de fundamental importância, porque estes elementos podem constituir dados essenciais à Engenharia, no projeto de máquinas, estruturas e controles, na análise e de terminação da eficiência de uma máquina ou uma operação, no desenvolvimento de novos produtos seja na avaliação e retenção de qualidade final do produto.

A forma e tamanho de sementes de muitos produtos não tem sido estudadas e identificadas por razões diversas, entre elas podemos citar o baixo nível tecnológico dos agricultores em que os processos são manuais, no entanto, o desenvolvimento de pequenas máquinas acessíveis ao agricultor são eminentes e estão sendo desenvolvidas.

O que tornam o estudo das propriedades físicas uma preocupação constante para muitos cientistas uma vez que estas podem variar anualmente devido a diversos fatores, tais como, a aplicação de insumos agrícolas, tipo de solo, condições climáticas e outros.

## 2 - OBJETIVO

Pelo acima exposto o presente trabalho tem como objetivo, determinar a variação da largura "a", espessura "b", e do comprimento "c" das sementes de Algaroba (Prosopis juliflora (Sw) DC.); Feijão Mulatinho (Phaseolus vulgaris L.) Feijão Macassar (Vigna sinensis L.) e Mamona (Ricinus communis L.) em função da variação do teor de umidade. Bem como eleger um teor de umidade para as sementes supra citadas e determinar a sua esfericidade e circularidade.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

QUENOVILLE (1952) estabeleceu que a relação.

$$y = b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + \dots + b_nx_n$$

pode ser avaliada medindo um grupo de espécies e a magnitude de contribuição em y pode ser estimado por análise de variância e correlação múltipla.

GRILLITH (1958) usou esta técnica em petrografia para determinar a relação entre algumas propriedades como permeabilidade em reservatório de óleo e as propriedades petrográficas como forma, tamanho, arranjo, orientação e etc.

MOHSEENIM (1965) disse que a forma do produto pode ser definida também por um número "chart" ou terno descriptivos por ele.

CURRAY (1961) relatou que a circularidade é um fator que indica quão próximo está de um círculo a área de um corpo em posição de repouso e é obtido pela fórmula.

$$R = \frac{A_p}{A_c}$$

Onde:

R - Roundness ou circularidade

$A_p$  - é a maior área projetada de um objeto na sua posição natural.

$A_c$  - é a menor área do círculo circunscrito.

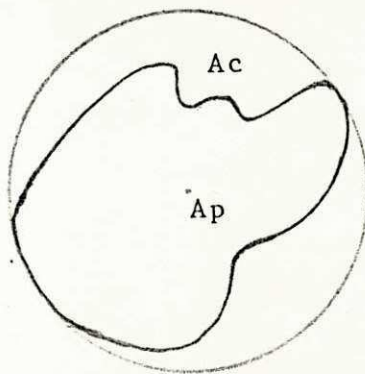


Fig. 1. Circularidade.



CAVALCANTI MATA (1972), para determinação da esferencidade em sementes de milho usou a seguinte equação.

$$S = \frac{r}{R}$$

Onde:

S - esferencidade

r - menor raio inscrito em uma das projeções (lateral ou frontal).

R - o maior raio inscrito em uma das projeções (frontal).

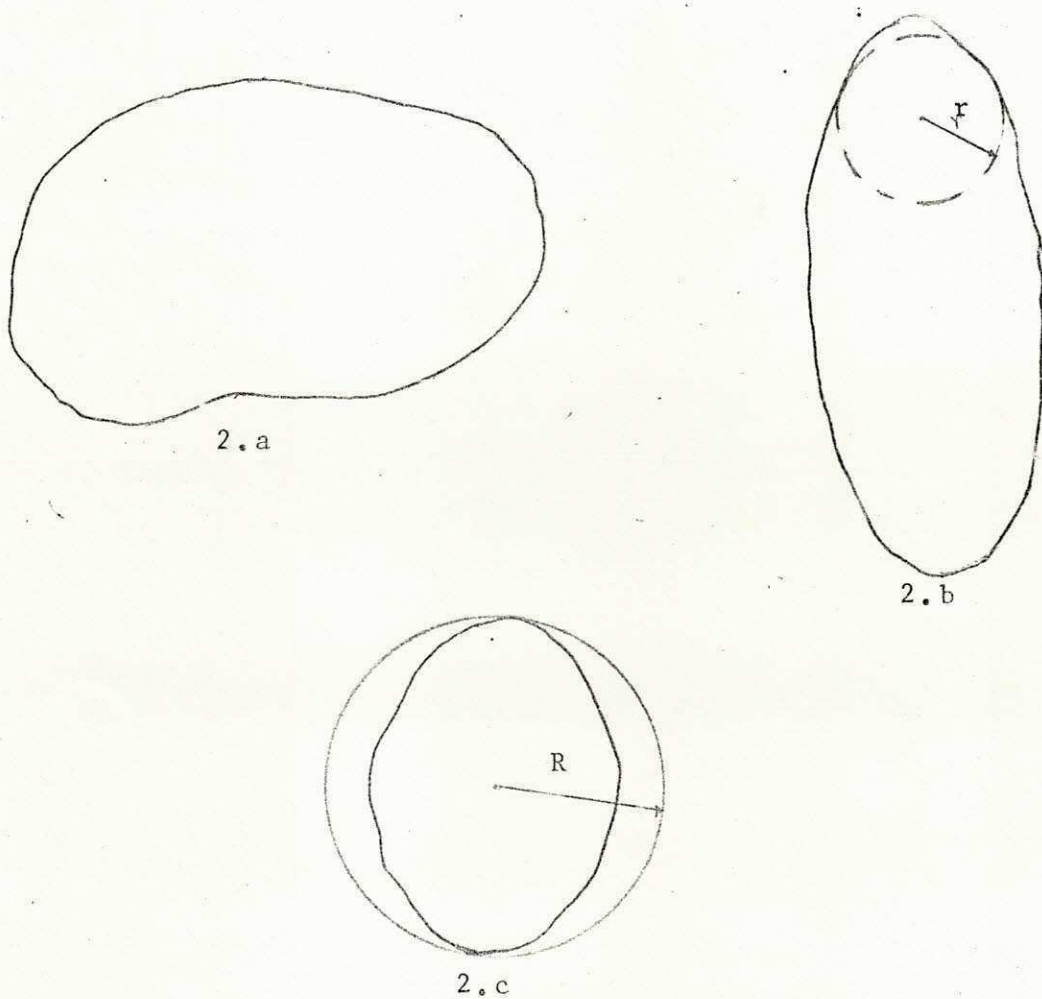


Fig. 2 Semente de Feijão Mulatinho

2.a projeção repouso; 2.b projeção lateral; 2.c projeção frontal

DEVTER et alii (1947) trabalharam com feno e alfafa, utilizando soluções de ácido sulfúrico a diferentes concentrações, em método estático. Para diferentes umidades relativas, eles obtiveram curvas de equilíbrio higroscópico num intervalo de 10 a 30 dias. Na ocasião eles constataram as umidades relativas superiores a 85% eram aceitáveis ao aparecimento de fungos.

DYE e NICELY (1971), desenvolveram um programa de computação denominado KINET, para regressão linear.

Esse programa foi adaptado por Froreze e Roa (1976) ao sistema PDlo da UNICAMP, sendo posteriormente usado por Simício e Roa (1978), juntamente com um modelo matemático proposto por esse segundo pesquisador em 1974. Partindo de dados experimentais dos principais produtos agrícolas, eles determinaram os parâmetros do modelo proposto por Roa, para os seguintes produtos: arroz em casca, soja, feijão preto e milho.

DUSTAN et alii (1973) usando soluções de ácido sulfúrico e amostras de sorgo (grãos) com 2 a 4g de peso, obtiveram o equilíbrio em 3 (três) semanas.

Eles usaram o método estático para manter constante as umidades relativas e ensaiaram várias temperaturas. Para evitar o aparecimento de fungos, nos altos valores da umidade relativa, eles trataram as amostras com ácido propiônico e não ocorreram entre as umidades de equilíbrio das amostras tratadas e das não tratadas.

Finalmente eles concluíram que a umidade de equilíbrio é função inversa da temperatura.

ROA e MACEDO (1976) obtiveram os parâmetros do modelo proposto pelo primeiro em 1974, para o feijão seco (dados experimentais obtidos por Westin e Morris, 1954), para milho (dados experimentais de Thompson e Col, 1968) e para café em coco (dados experimentais de Vilela, 1976).

SINÍCIO e ROA (1979) ajustaram as equações de Henderson-Thompson e Chung - Pfof, para dados experimentais de milho (obtidos por Rodrigues - Aires, 1956) e café (obtidos por Vilela, 1976). Com base nos resultados obtidos, eles compararam as duas equações.

## 4 - CARACTERÍSTICAS DAS SEMENTES

### 4.1 - Algaroba

Algarobeira - Planta da Algaroba, é uma árvore da família da Leguminosas minosóideas, Gênero Prosopis. Em bora vegetando nos climas amenos, desenvolve-se e frutifica melhor em região semi-áridas.

Na agricultura a planta Algarobeira se caracteriza-se como alto valor econômico e o seu uso, sendo uma planta forrageira por excelência, com frutos de alto teor nutricional e de componentes de elevada digestibilidade, razão sem dúvida, de crescente demanda de frutos para arraçoa mento dos rebanhos, com o seu sombreamento contribui para maiores rendimentos por área das culturas forrageiras a ela associadas.

#### Composição Química:

Análise do Instituto de Química Agrícola

- Umidade	18,43 %
- proteína bruta	13,56 %
- extrato etéreo	4,3 %
- extrativo não azotados	29,25 %
- fibra bruta	28,25 %
- resíduo mineral	5,77 %

### 4.2 - Mamona

A mamona pertence à família das Euforbiáceas, Gênero Ricinus communis.

É uma planta de região tropical, vegetando bem em climas quentes e úmidos, quando há distribuição uniforme de precipitação a partir do início do desenvolvimento das plantas e durante o ciclo das mesmas. Sendo uma cultura muito exigente em nutrientes, e por isso, deverá ser dada preferência ao cultivo em solos com fertilidades natural.

O óleo extraído das sementes da mamona apresen

ta várias aplicações, devido as suas qualidades. Entre as suas aplicações podemos citar, fabricação de tintas e isolantes; lubrificantes para motores de avião; manufatura de cosméticos, indústria farmacêutica; germinicidas; fabricação de matéria plástica e etc.

#### Composição Química:

Os resíduos contêm em média:

- ácido nítrico	1,91 %
- óxido fosfórico	0,28 %
- óxido de potássio	3,02 %
- ácido fosfórico	1,6 %
- óleo	5,2 %
- hidrato de carbono e fibras	49,8 %
- cinzas	15,0 %
- água	9,1 %

#### 4.3 - Feijão Mulatinho e Feijão Macassar

O Feijão é considerado uma cultura de alta expressão econômica, sendo a principal fonte de proteínas de grande parte da população mundial.

O feijoeiro é uma cultura muito exigente quando as propriedades físicas e químicas do solo, preferindo assim solos soltos e leves, os solos de preferência devem ser levemente ácido. A faixa de pH para o bom desenvolvimento da planta está entre 6,0 e 7,0 sendo o pH 6,5 o maior favorável.

Em relação as condições climáticas adversas correm decisivamente para obtenção de menores produções.

Sendo o feijoeiro uma planta anual, herbácea, ereta, atingindo até 60 cm de altura, planta de raiz pivotante, parte aérea em haste principal ramificada, folhas compostas de três folíolos, sendo um terminal e dois laterais opostos. o fruto é uma vagem encurrada variando de 10 a 20 cm de comprimento, suas sementes são elípticas, cilíndricas ou ovóides, de tamanho e coloração variáveis.

O teor de proteínas das sementes de muito das

atuais espécies de leguminosas de grãos está num intervalo de 18 a 32%, mas segundo KEUY (coleção mundial), o feijão mostra uma variação de teor de proteínas entre 17 a 35%.

A principal proteína do feijão é a phaseolina, que é formada principalmente de globulina e mais alfaboglobulina, que apresenta um elevado teor de lisina.

Composição Química:

Análise da seção Química do IPA

Componentes	Feijão Mulatinho	Feijão Macassar
- Umidade	13 %	10 %
- proteínas	21 %	26 %
- carboidratos	56 %	47 %
- gordura	2 %	2 %
- fibras	4 %	4 %
- cinzas	3 %	3 %

## 5 - MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram obtidas no Laboratório de Processamento, Armazenagem e Transferência de Produtos Agrícolas do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem da Universidade Federal da Paraíba - Campus II.

Para início dos trabalhos tomaram-se amostras, que sofreram um processo sucessivo de divisão, através de um homogenizador GAMET, até que se selecionassem 16 (dezeses) sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona.

As sementes selecionadas da amostragem foram pesadas inicialmente e projetadas num quadro de fundo branco através de um retroprojetor da 3M do Brasil, estabelecendo-se a escala de projeção e determinando-se a forma da semente segundo a sua face frontal, lateral e de repouso, correspondendo a áreas que estabelecemos como "c", "b" e "a" como mostra a figura 3.

Onde:

a = leitura do planímetro em projeção repouso (comprimento, largura).

b = leitura do planímetro em projeção lateral (largura, espessura).

c = leitura do planímetro em projeção frontal (comprimento, e espessura).

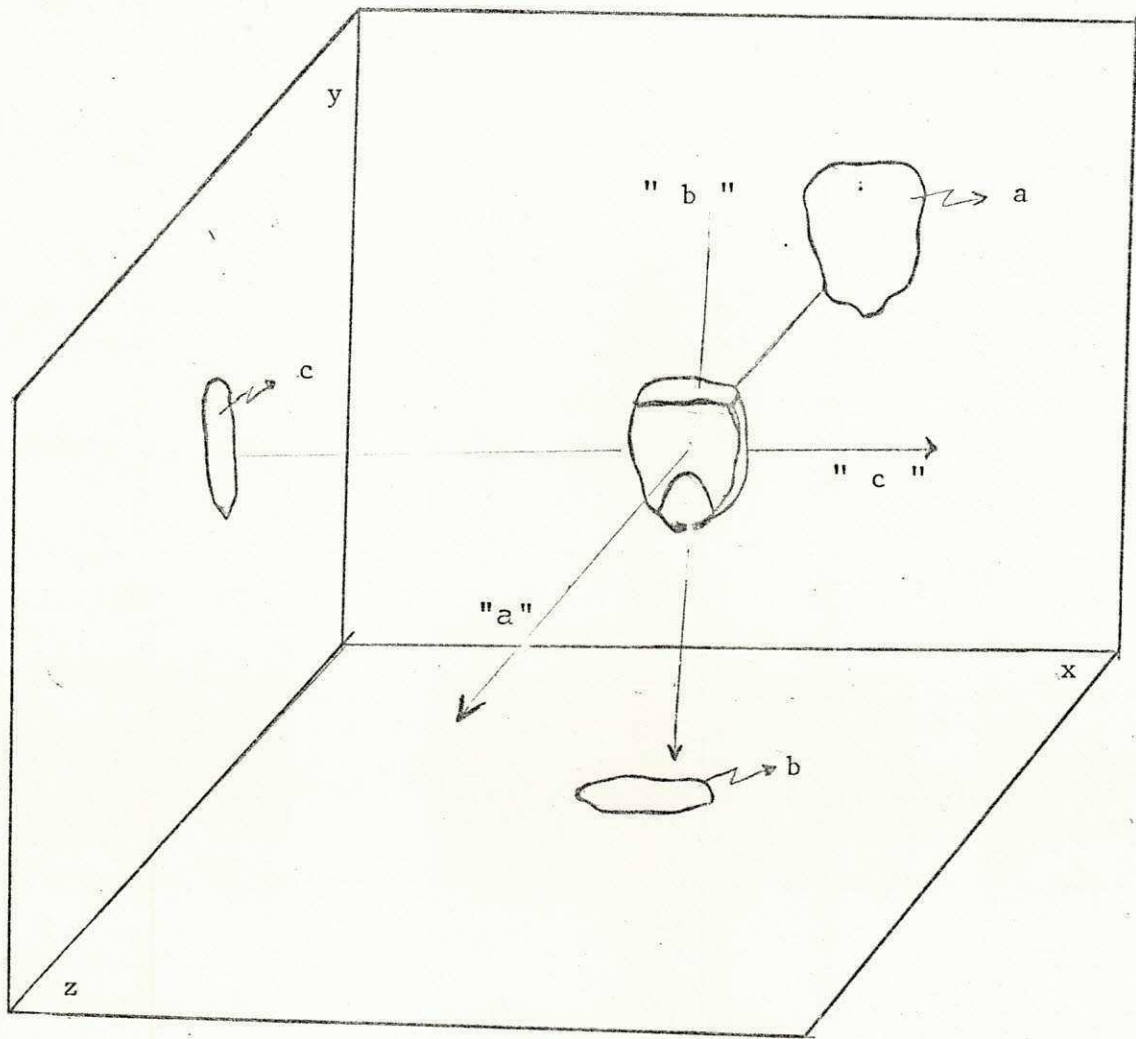


Figura - 3. Determinação da Área projetada, através da equação 2.

Estabelecidos os valores de "a", "b" e "c", determinou-se as áreas reais através da Equação (1) além das Áreas de Critério, expressa pela Equação (2).

Área Real ( $A_R$ )

$$A_R = L.f. E^2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

L = leitura do planimetro

f = fator de escala

E = escala do desenho

Área de Criterion ( $A_c$ )

$$A_c = a + b + c \times E^2 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

a = leitura do planimetro em projeção de re pouso.

b = leitura do Planimetro em projeção late ral.

c = leitura do planimetro em projeção fron tal.

E = escala.

Foram ainda determinadas as esferencidades e circularidade das sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona.

Para determinação da esferencidade utilizou-se dois métodos, o de CURRAY através da Equação (3) e o de CAVALCANTI MATA, expressa pela Equação (4).

Esferencidade (método de CURRAY)

$$S = \frac{F}{R} \quad \text{Equação (3).}$$

Onde:

S = esferencidade



r = raio de menor círculo circunscrito ou diâmetro,

R = raio de maior círculo inscrito.

Esferencidade (método de CAVALCANTI MATA)

$$S = \frac{r}{R}$$

Onde:

S = esferencidade

r = menor raio inscrito em uma das projeções.

R = o maior raio inscrito em uma das projeções.

Na obtenção da circularidade utilizou-se a equação da circularidade que é igual a área do objeto e inversamente proporcional a área de criterion, através da equação (5).

Circularidade:

$$C = \frac{A_o}{A_c} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

A<sub>o</sub> = área do objeto ou corpo

A<sub>c</sub> = área do círculo circunscrito.

área do círculo =  $\pi R^2$ , sendo R o raio.

Das projeções das sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona, foram determinados os comprimentos as larguras e espessuras da mesma, utilizando-se um paquímetro marca Mauss Polones com uma precisão de leitura de 0,01 mm. Após o registro de todos os dados de comprimento, largura e espessura as sementes foram submetidas a um processo de umedecimento e secagem, para tanto utilizou-se uma Estufa BOD-347-FANEM há uma temperatura de 30 a 35°C onde o produtos foram acondicionados em frascos hermeticamente vedados.

Para secagem das sementes utilizou-se 300 ml de ácido sulfúrico colocados no interior do recipiente, no umedecimento utilizou-se 250 ml de sulfato de amônia a 250 ml de cloreto de sódio, para as sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho e Feijão Macassar, para as sementes de Mamona utilizou-se 300 ml de água.

Onde as sementes ficaram suspensas em cesta telada como é mostrado na Figura 4.

Após as sementes atingirem certo grau de umedecimento ou secagem até que estas atingirem a percentagem de umidade desejada para as dimensões de largura, espessura e comprimento em função da variação da umidade para cada semente.

Estabelecidas todas as umidades desejáveis as sementes foram colocadas individualmente em recipiente a fim de determinar-se a umidade naquele momento possibilitando fornecer a percentagem de umidade correta das sementes em estudo.

Para as áreas de criterion e reais, esfericidade e circularidade determinou-se o desvio padrão Equação (6), médio padrão Equação (7) e o coeficiente de variação Equação (8).

$$S = \sqrt{\frac{SQD}{N-1}} \quad \text{Equação (6)}$$

$$\bar{Sx} = \frac{S}{N} \quad \text{Equação (7)}$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \quad \text{Equação (8)}$$

E para as variações da largura, comprimento e espessura utilizou-se a Equação (9), da regressão linear simples.

$$\hat{y} = a + bx + E \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

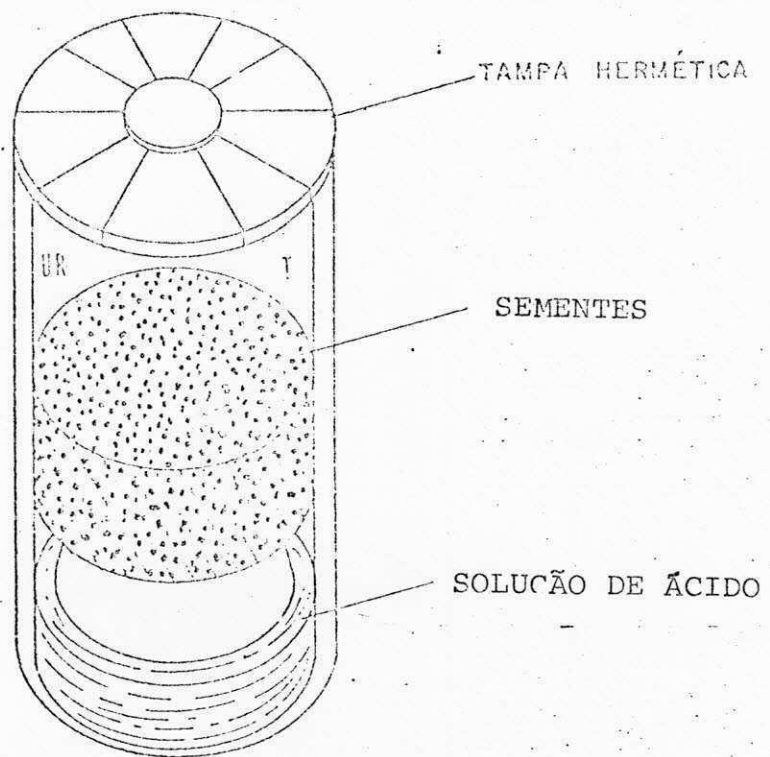
$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{N} \quad \text{Equação (10)}$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i / N)}{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / N} \quad \text{Equação (11)}$$

$$R^2 = \frac{\xi_{xi} \xi_{yi} - \xi_{xi} \xi_{yi} / N}{\xi_{xi}^2 - (\xi_{xi})^2 / N \quad \xi_{yi}^2 - (\xi_{yi})^2 / N}$$

Equação (12).

POTE



T = Temperatura

UR = Umidade Relativa

FIG. 4 - Recipiente de vidro hermêticamente vedado onde as amostras de sementes são acondicionadas.

## 6 - DETERMINAÇÃO E RESULTADOS

### 6.1 - Área Real (AR):

$$Ar = L \times f \cdot E^2 \quad \text{Equação (1)}$$

OBS: Para as sementes em estudo utilizou-se as seguintes escalas:

Algaroba	-	( 1 : 0,15)
Feijão Macassar	-	( 1 : 0,15)
Feijão: Mulatinho	-	( 1 : 0,2 )
Mamona	-	( 1 : 0,16)

O fator de correção das leituras do planimetro foram:

f - para Algaroba	93,38
f - para o Feijão Mulatinho	96,15
f - para o Feijão Macassar	37,56
f - para a Mamona	96,15

QUADRO - I

Apresentação dos Resultados das Áreas Reais nas três projeções:

c = frontal; b = lateral e a = repouso em cm.

ORDEM	FEIJÃO MULATINHO			ALGAROBA			MAMONA			FEIJÃO MACASSAR		
	c	b	a	c	b	a	c	b	a	c	b	a
01	22,3	38,0	51,0	9,6	13,2	26,4	23,4	36,0	45,2	10,06	16,53	25,52
02	24,9	43,3	56,9	12,0	13,9	28,8	24,9	35,5	44,1	11,11	16,68	24,93
03	26,6	45,5	53,2	10,3	13,4	27,4	22,5	39,4	46,8	12,31	17,42	27,64
04	21,0	37,8	47,3	8,4	10,1	26,4	24,6	37,9	45,2	13,52	17,72	28,25
05	23,6	39,8	64,5	10,3	12,2	28,1	22,0	37,4	45,0	10,51	13,98	18,48
06	21,6	39,2	47,4	7,2	12,5	20,9	23,8	37,9	45,4	13,37	16,82	25,69
07	23,6	39,2	46,3	10,1	13,7	24,0	26,6	41,6	39,2	10,36	12,92	16,52
08	19,9	35,0	47,2	8,4	10,3	21,6	22,0	39,0	45,4	13,52	18,48	25,48
09	25,8	44,4	55,2	5,5	12,0	19,0	18,4	29,0	33,5	10,51	12,92	19,08
10	23,8	40,8	50,2	7,2	14,4	25,9	21,6	35,0	46,5	13,97	16,53	26,04
11	23,4	37,2	52,0	6,2	13,2	24,7	22,0	39,6	38,3	11,11	15,93	23,74
12	24,6	40,4	51,7	9,6	12,7	24,2	20,4	36,8	44,6	13,82	17,88	23,44
13	22,3	36,8	46,8	8,6	14,4	18,7	26,0	43,3	53,2	11,86	16,08	23,28
14	24,4	40,7	55,4	5,5	14,6	21,6	19,0	34,0	39,8	9,00	14,87	20,58
15	21,6	36,4	50,2	6,0	12,9	16,6	21,0	33,3	42,8	10,96	15,77	20,28
16	21,4	39,0	45,5	9,1	11,8	19,2	21,2	34,2	18,8	9,00	15,02	21,48
$\bar{x}$	23,18	39,59	51,29	8,37	12,83	23,34	22,46	36,87	42,12	11,56	15,97	23,15

QUADRO - 2

Determinação do desvio padrão e coeficiente de variação para as projeções das áreas reais.

FEIJÃO MULATINHO

	c	b	a
S cm <sup>2</sup>	4,98 x 10 <sup>-2</sup>	2,901 x 10 <sup>-2</sup>	1,979
CV %	9,7	7,32	8,54
S $\bar{x}$ cm <sup>2</sup>	1,245 x 10 <sup>-2</sup>	7,252 x 10 <sup>-3</sup>	4,947 x 10 <sup>-1</sup>

QUADRO - 2.1.

ALGAROBA

	c	b	a
S cm <sup>2</sup>	1,945 x 10 <sup>-1</sup>	1,334 x 10 <sup>-1</sup>	3,762 x 10 <sup>-2</sup>
CV %	2,33	1,040	0,162
S $\bar{x}$ cm <sup>2</sup>	4,862 x 10 <sup>-2</sup>	3,335 x 10 <sup>-2</sup>	9,405 x 10 <sup>-3</sup>

QUADRO - 2.2.

MAMONA

	c	b	a
S cm <sup>2</sup>	3,470 x 10 <sup>-2</sup>	2,319 x 10 <sup>-1</sup>	7,614 x 10 <sup>-2</sup>
CV %	9,41	1,032	0,180
S $\bar{x}$ cm <sup>2</sup>	0,0086	0,057	1,903 x 10 <sup>-2</sup>

QUADRO - 2.3.

FEIJÃO MACASSAR

	c	b	a
S cm <sup>2</sup>	1,67 x 10 <sup>-1</sup>	1,638	3,43
CV %	1,45	10,26	14,79
S $\bar{x}$ cm <sup>2</sup>	0,041	0,4095	0,8575

6.2 - Área de Criterion

$$A_c = \frac{a + b + c}{3} \times E^2 \quad \text{Equação (2)}$$

QUADRO - 3

Resultados da área de criterion em  $\text{cm}^2$ .

ORDEM	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
01	8,34	4,19	7,84	6,94
02	9,38	4,66	7,83	7,02
03	9,39	4,36	8,15	7,64
04	7,95	3,83	8,07	7,93
05	9,59	4,31	7,83	5,72
06	8,11	3,46	8,03	7,45
07	8,18	4,07	8,05	5,30
08	7,65	3,43	7,98	7,71
09	9,40	3,11	6,06	5,66
10	8,61	4,05	7,73	7,55
11	8,44	3,82	7,49	6,77
12	8,75	3,96	7,63	7,35
13	7,94	3,55	9,18	6,82
14	9,03	3,55	6,96	5,92
15	8,11	3,02	7,28	6,26
16	7,94	3,42	5,56	6,06
$\bar{X}$	8,55	3,79	7,60	6,75

QUADRO - 3.1

Determinação do desvio padrão e coeficiente de variação da área de criterion.

	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
S cm <sup>2</sup>	6,307 x 10 <sup>-1</sup>	4,514 x 10 <sup>-1</sup>	0,845	8,161 x 10 <sup>-1</sup>
CV %	7,37	11,91	11,12	12,09
S $\bar{x}$ cm <sup>2</sup>	0,157	0,0112	0,211	0,204



6.3 - Determinação da esfericidade através do método de CURRAY.

$$S = \frac{r}{R} \quad \text{Equação (3)}$$

QUADRO - 4.

Resultados da esfericidade segundo CURRAY.

ORDEM	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
01	0,710	0,638	0,654	0,668
02	0,748	0,379	0,750	0,939
03	0,701	0,397	0,680	0,656
04	0,654	0,431	0,681	0,722
05	0,711	0,466	0,693	0,763
06	0,683	0,418	0,767	0,760
07	0,718	0,549	0,817	0,790
08	0,672	0,469	0,739	0,742
09	0,690	0,541	0,731	0,668
10	0,659	0,575	0,668	0,766
11	0,690	0,456	0,683	0,692
12	0,726	0,455	0,692	0,698
13	0,689	0,553	0,696	0,696
14	0,717	0,624	0,713	0,761
15	0,672	0,595	0,765	0,743
16	0,524	0,503	0,693	0,654
$\bar{x}$	0,685	0,503	0,668	0,732

QUADRO - 4.1.

Determinação do desvio padrão e coeficiente de variância da esfericidade.

	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
S $\pm$	$4,985 \times 10^{-2}$	$8,108 \times 10^{-2}$	$4,384 \times 10^{-2}$	$7,041 \times 10^{-2}$
CV %	7,27	16,11	6,410 %	9,618
$\bar{Sx}$ $\pm$	0,0124	0,0202	$1,096 \times 10^{-2}$	$1,760 \times 10^{-2}$

6.4 - Determinação da esfericidade pelo método de CAVALCANTI MATA, modificando utilizando a projeção frontal.

$$S = \frac{r}{R} \quad \text{Equação (4)}$$

QUADRO - 5.

Correspondente a esfericidade segundo CAVALCANTI MATA, modificado utilizando as projeção frontal.

ORDEM	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
01	0,461	0,361	0,405	0,576
02	0,525	0,197	0,477	0,341
03	0,477	0,239	0,468	0,435
04	0,535	0,264	0,354	0,535
05	0,522	0,260	0,405	0,496
06	0,515	0,220	0,397	0,414
07	0,540	0,344	0,654	0,413
08	0,507	0,228	0,448	0,333
09	0,549	0,260	0,474	0,353
10	0,543	0,294	0,433	0,348
11	0,493	0,260	0,371	0,353
12	0,524	0,313	0,423	0,425
13	0,534	0,260	0,485	0,335
14	0,430	0,255	0,468	0,433
15	0,448	0,269	0,352	0,437
16	0,504	0,251	0,421	0,446
$\bar{x}$	0,506	0,267	0,439	0,417

QUADRO - 5.1.

Determinação do coeficiente de variância e o desvio padrão da esfericidade.

	FEIJÃO MULATINHO	ALGAROBA	MAMONA	FEIJÃO MACASSAR
S $\frac{+}{-}$	$3,577 \times 10^{-2}$	$4,171 \times 10^{-2}$	$4,502 \times 10^{-2}$	$7,696 \times 10^{-3}$
CV %	7,06	15,62	10,25	1,845
$\bar{Sx}$ $\frac{+}{-}$	0,008	0,01042	0,0112	$1,924 \times 10^{-3}$

6.5 - Determinação da circularidade através da equação (5)  
segundo CURRAY, (1961).

QUADRO - 6.

Refere-se aos resultados da circularidade.

ORDEM	MAMONA	ALGAROBA	FEIJÃO : MACASSAR	FEIJÃO MULATINHO
01	0,561	0,584	0,252	0,585
02	0,578	0,586	0,317	0,638
03	0,545	0,619	0,315	0,593
04	0,526	0,612	0,285	0,559
05	0,550	0,622	0,308	0,696
06	0,589	0,529	0,329	0,586
07	0,571	0,651	0,320	0,601
08	0,570	0,600	0,298	0,611
09	0,602	0,605	0,342	0,604
10	0,562	0,527	0,311	0,589
11	0,414	0,565	0,334	0,532
12	0,533	0,573	0,324	0,575
13	0,580	0,581	0,402	0,646
14	0,538	0,494	0,303	0,593
15	0,562	0,500	0,304	0,588
16	0,516	0,599	0,323	0,587
$\bar{x}$	0,550	0,577	0,316	0,598

QUADRO - 6.1

Correspondente ao desvio padrão e o coeficiente de variância da circulatidade.

		MAMONA	ALGAROBA	FEIJÃO MACASSAR	FEIJÃO MULATINHO
S	+	$4,308 \times 10^{-2}$	$5,778 \times 10^{-2}$	$3,106 \times 10^{-2}$	$3,723 \times 10^{-3}$
CV	%	7,83	10,01	9,82	6,22
$\bar{Sx}$	+	0,01077	0,0144	0,0077	0,0093

6.6 - Determinação da variabilidade das dimensões das sementes, conforme dados obtidos através das medições com o paquímetro.

QUADRO - 7

Temos o comprimento (c), a largura (l) e a espessura (e) de 16 grãos de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona em mm, demonstrando a variabilidade das dimensões.

Nº	MAMONA			FEIJÃO MULATINHO			ALGAROBA			FEIJÃO MACASSAR		
	c	l	e	c	l	e	c	l	e	c	l	e
01	10,7	6,8	4,7	10,7	6,5	4,5	7,6	5,4	2,4	11,34	7,46	5,10
02	10,4	6,5	4,9	10,9	6,6	5,2	7,9	5,6	2,3	10,0	7,68	5,20
03	11,0	7,0	5,0	10,9	7,2	5,2	7,5	5,5	2,4	10,56	7,86	6,22
04	11,0	6,9	4,9	10,6	6,4	4,3	7,4	5,7	2,3	11,22	8,06	6,0
05	10,7	6,3	5,3	11,1	6,4	5,0	7,6	5,3	2,5	8,74	6,84	5,22
06	10,4	6,8	5,0	10,3	6,4	4,8	7,1	5,3	2,2	9,96	7,46	5,80
07	9,8	6,5	5,8	10,1	6,8	4,9	6,8	5,0	2,5	8,10	6,72	5,34
08	10,6	6,4	5,2	10,1	6,2	4,3	6,7	5,0	2,2	10,50	7,90	5,86
09	8,8	6,0	4,6	11,0	6,8	5,0	6,3	6,3	2,5	8,42	7,30	5,26
10	10,8	6,6	4,8	10,6	6,7	4,7	7,9	6,3	2,6	10,34	8,16	5,88
11	11,4	6,8	4,9	11,4	6,7	4,6	7,4	5,2	2,4	9,60	7,78	5,42
12	10,8	6,5	5,0	10,9	6,9	5,0	7,3	5,4	2,3	9,60	7,94	5,60
13	11,4	7,2	5,3	9,8	6,4	4,8	6,4	4,8	2,5	9,38	7,58	5,24
14	10,2	5,0	4,7	11,1	6,5	4,7	7,4	4,3	2,6	9,30	6,98	5,32
15	10,4	6,2	4,8	10,6	6,5	4,3	6,5	4,4	2,6	9,22	7,10	5,42
16	9,6	6,5	4,8	10,1	6,0	4,7	6,4	4,8	2,6	9,20	7,46	5,0
$\bar{x}$	10,5	6,5	4,9	10,6	6,5	4,7	7,1	5,3	2,4	9,72	7,52	5,54

QUADRO - 7.1.

Determinação do desvio padrão e coeficiente de variação para as três projeções comprimento, largura, espessura.

FEIJÃO MULATINHO

	COMPRIMENTO	LARGURA	ESPESSURA
S mm	0,466	0,294	0,298
CV %	4,39	4,52	6,35
$\bar{Sx}$ mm	0,116	0,0735	0,07225

QUADRO - 7.2.

ALGAROBA

	COMPRIMENTO	LARGURA	ESPESSURA
S mm	0,546	0,427	0,143
CV %	7,69	8,06	5,98
$\bar{Sx}$ mm	0,1365	0,1067	0,0357



QUADRO - 7.3.

Determinação do desvio padrão e coeficiente de variância para as três projeções comprimento, largura e espessura.

MAMONA

	COMPRIMENTO	LARGURA	ESPESSURA
S mm	0,668	0,504	0,310
CV %	6,36	7,76	6,34
$\bar{Sx}$ mm	0,167	0,126	0,0775

QUADRO - 7.4.

FEIJÃO MACASSAR

	COMPRIMENTO	LARGURA	ESPESSURA
S mm	0,924	0,407	0,387
CV %	9,50	5,41	6,99
$\bar{Sx}$ mm	0,231	0,101	0,096

6.7 - Determinação do teor de umidade em função da largura, espessura e comprimento.

Para determinação do teor de umidade da massa granular, no decorrer da secagem em estufa a 105°C. Obtendo pela diferença a quantidade d'água em gramas.

Em seguida, diminui-se o peso da semente antes da sêca, do peso da água, e obtem-se o peso da matéria sêca.

O teor de umidade é dado pelo peso da água so bre o peso da matéria sêca.

Resumo:

$$P_{su} = TL - P_{ss}$$

$$P_{ss} = TL - P_{su}$$

$$P_a = P_{su} - P_{ss}$$

$$P_{us} = P_{su} - P_a$$

$$UBU = \frac{P_a}{P_a + P_{us}} \%$$

Onde:

$P_{su}$  = Peso da semente úmida

$TL$  = Tara da Lata

$P_{ss}$  = Peso da semente sêca

$P_a$  = Peso da água

$P_{us}$  = Peso da massa sêca.

Determinação da variação da largura "a", espesura "b" e do comprimento "c" em função do teor de umidade das sementes: Por uma expressão linear. Equação (10)

#### 6.7.1 - Algaroba

##### 6.7.1.1.

dimensão "a"	2,24	2,27	2,3	2,23	2,22	2,22
UBU %	6,5	9,45	11,97	6,84	4,44	4,01

$$\xi_{xi} = 13,48$$

$$\xi_{xi}^2 = 181,7104$$

$$\xi_{xiyi} = 97,5547$$

$$\xi_{yi} = 43,21$$

$$M = 6$$

$$R^2 = 0,95$$

$$R = 0,97$$

$$b = 0,010301$$

$$a = 2,1722477$$

$$\hat{y} = 2,1722477 + 0,010301 x$$

Ver gráfico 1.

#### 6.7.1.2.

dimensão "b"	4,57	4,58	4,65	4,48	4,45	4,44
--------------	------	------	------	------	------	------

UBU %	6,5	9,45	11,97	6,84	4,44	4,01
-------	-----	------	-------	------	------	------

$$\xi_{xi} = 27,17$$

$$(\xi_{xi})^2 = 738.2089$$

$$\xi_{xi}^2 = 123,0703$$

$$\xi_{xiyi} = 196.8521$$

$$\xi_{yi} = 43,21$$

$$M = 6$$

$$R^2 = 0,85$$

$$R = 0,92$$

$$b = 0,02558$$

$$a = 4,344069$$

$$\hat{y} = 4,344069 + 0,02558 x$$

Ver gráfico 2.

#### 6.7.1.3.

dimensão "c"	6,82	6,96	6,98	6,7	6,6	6,6
--------------	------	------	------	-----	-----	-----

UBU %	6,5	9,45	11,97	6,84	4,44	4,01
-------	-----	------	-------	------	------	------

$$\xi_{xi} = 40,66$$

$$(\xi_{xi})^2 = 1653,2356$$

$$\xi_{xi}^2 = 232,6965$$

$$\xi_{xiyi} = 295,2506$$

$$\xi_{yi} = 43,21$$

$$M = 6$$

$$R^2 = 0,88$$

$$R = 0,93$$

$$b = 0,052582$$

$$a = 6,397982$$

$$\hat{y} = 6,397982 + 0,052582 x$$

Ver gráfico 3.

## 6.7.2 - Feijão Mulatinho

### 6.7.2.1.

dimensão "a"	4,25	4,22	4,67	4,86	4,96	5,03
UBU %	10,54	8,99	11,09	14,32	15,95	16,89

$$\xi_{xi} = 27,99$$

$$(\xi_{xi})^2 = 783,4401$$

$$\xi_{xi}^2 = 131,2019$$

$$\xi_{xiyi} = 368,187$$

$$\xi_{yi} = 77,78$$

$$M = 6$$

$$R^2 = 0,88$$

$$R = 0,94$$

$$b = 0,010406$$

$$a = 3,31605$$

$$\hat{y} = 3,31605 + 0,010406 x$$

Ver gráfico 4.

### 6.7.2.2.

dimensão "b"	6,41	6,31	6,49	6,73	6,82	6,88
UPU %	10,35	8,99	11,09	14,32	15,95	16,89

$$\xi_{xi} = 39,64$$

$$(\xi_{xi})^2 = 1571,3296$$

$$\xi_{xi}^2 = 268,164$$

$$\xi_{xiyi} = 516,1275$$

$$\xi_{yi} = 77,59$$

$$M = 6$$

$$R^2 = 0,83$$

$$R = 0,91$$

$$b = 0,07245$$

$$a = 5,66979$$

$$\hat{y} = 5,66979 + 0,07245 x$$

Ver gráfico 5.

### 6.7.2.3.

dimensão "c"	10,14	10,0	10,53	10,62	10,72	10,76
UBU %	10,54	8,99	11,09	14,32	15,95	16,89

$$\xi_{xi} = 62,77$$

$$(\xi_{xi})^2 = 3940,0729$$

$$\xi_{xi}^2 = 657,1809$$

$$\xi_{xiyi} = 6$$

$$\xi_{yi} = 77,78$$

$$R^2 = 0,83$$

$$R = 0,91$$

$$b = 0,09043$$

$$a = 9,28934$$

$$\hat{y} = 9,28934 + 0,09043 x$$

Ver gráfico 6.

### 6.7.3 - Feijão Macassar

#### 6.7.3.1.

dimensão "a"	4,9	4,9	4,9	5,1	5,14	5,15	5,2
UBU %	5,6	5,8	7,1	9,2	14,0	16,4	17,0

$$\xi_{xi} = 35,29$$

$$(\xi_{xi})^2 = 1245,3841$$

$$\xi_{xi}^2 = 178,0221$$

$$\xi_{xiyi} = 382,39$$

$$\xi_{yi} = 75,1$$

$$M = 7$$

$$R^2 = 0,87$$

$$R = 0,93$$

$$b = 0,02548$$

$$a = 4,76805$$

$$\hat{y} = 4,76805 + 0,02548 x$$

Ver Gráfico 7.

#### 6.7.3.2.

dimensão "b"	6,4	6,3	6,5	6,6	6,7	6,7	6,75
UBU %	5,6	5,8	7,1	9,2	14,0	16,4	17,0

$$\xi_{xi} = 45,95$$

$$(\xi_{xi})^2 = 2111,4025$$

$$b = 0,03171$$

$$\xi_{xi}^2 = 301,8025$$

$$a = 6,224$$

$$\xi_{xiyi} = 505,87$$

$$\xi_{yi} = 75,1$$

$$\hat{y} = 6,224 + 0,03171 x$$

$$N = 7$$

$$R^2 = 0,86$$

$$R = 0,92$$

Ver gráfico 8.

#### 6.7.3.3.

dimensão "c"	8,4	8,6	8,8	8,84	9,07	9,16	8,6
UBU %	5,6	5,8	7,1	14,0	16,4	17,0	9,2

$$\xi_{xi} = 61,47$$

$$b = 0,04763$$

$$(\xi_{xi})^2 = 3778,5609$$

$$\xi_{xi}^2 = 540,2361$$

$$a = 8,30177$$

$$\xi_{xiyi} = 666,748$$

$$\xi_{yi} = 75,1$$

$$N = 7$$

$$\hat{y} = 8,30177 + 0,04763 x$$

$$R^2 = 0,81$$

$$R = 0,90$$

Ver gráfico 9.

#### 6.7.4 - Mamona

##### 6.7.4.1.

dimensão "a"	4,79	4,80	4,64	4,65	4,63
UBU %	18,18	20,55	11,3	8,4	6,67

$$\xi_{xi} = 23,51$$

$$(\xi_{xi})^2 = 552,7201$$

$$b = 0,05519$$

$$\xi_{xi}^2 = 110,5731$$

$$\xi_{xiyi} = 308,0963$$

$$a = 10,21347$$

$$\xi_{yi} = 65,10$$

$$N = 5$$

$$\hat{y} = 10,21347 + 0,05519 x$$

$$R^2 = 0,97$$

$$R = 0,98$$

Ver gráfico 10.

#### 6.7.4.2.

dimensão "b"	6,62	6,62	6,44	6,42	6,37
--------------	------	------	------	------	------

UBU %	18,18	20,25	11,3	8,4	6,67
-------	-------	-------	------	-----	------

$$\xi_{xi} = 32,47$$

$$(\xi_{xi})^2 = 1054,3009$$

$$b = 0,01907$$

$$\xi_{xi}^2 = 167,0913$$

$$\xi_{xiyi} = 425,5805$$

$$a = 6,24574$$

$$\xi_{yi} = 65,1$$

$$N = 5$$

$$\hat{y} = 6,24574 + 0,01907 x$$

$$R^2 = 0,97$$

$$R = 0,98$$

Ver gráfico 11.

#### 6.7.4.3

dimensão "c"	11,27	11,33	10,76	10,67	10,63
--------------	-------	-------	-------	-------	-------

UBU %	18,18	20,55	11,3	8,4	6,67
-------	-------	-------	------	-----	------

$$\xi_{xi} = 54,66$$

$$(\xi_{xi})^2 = 2,9877156$$

$$b = 0,01349$$

$$\xi_{xi}^2 = 598,0052$$

$$a = 4,52634$$

$$\xi_{xiyi} = 719,8382$$

$$\xi_{yi} = 65,1$$

$$\hat{y} = 4,526341 + 0,01349 x$$

$$N = 5$$

$$R^2 = 0,93$$

$$R = 0,96$$

Ver gráfico 12.

Gráfico 1.

Variação da largura (a) das sementes de Algaroba em função dos teores de umidades.

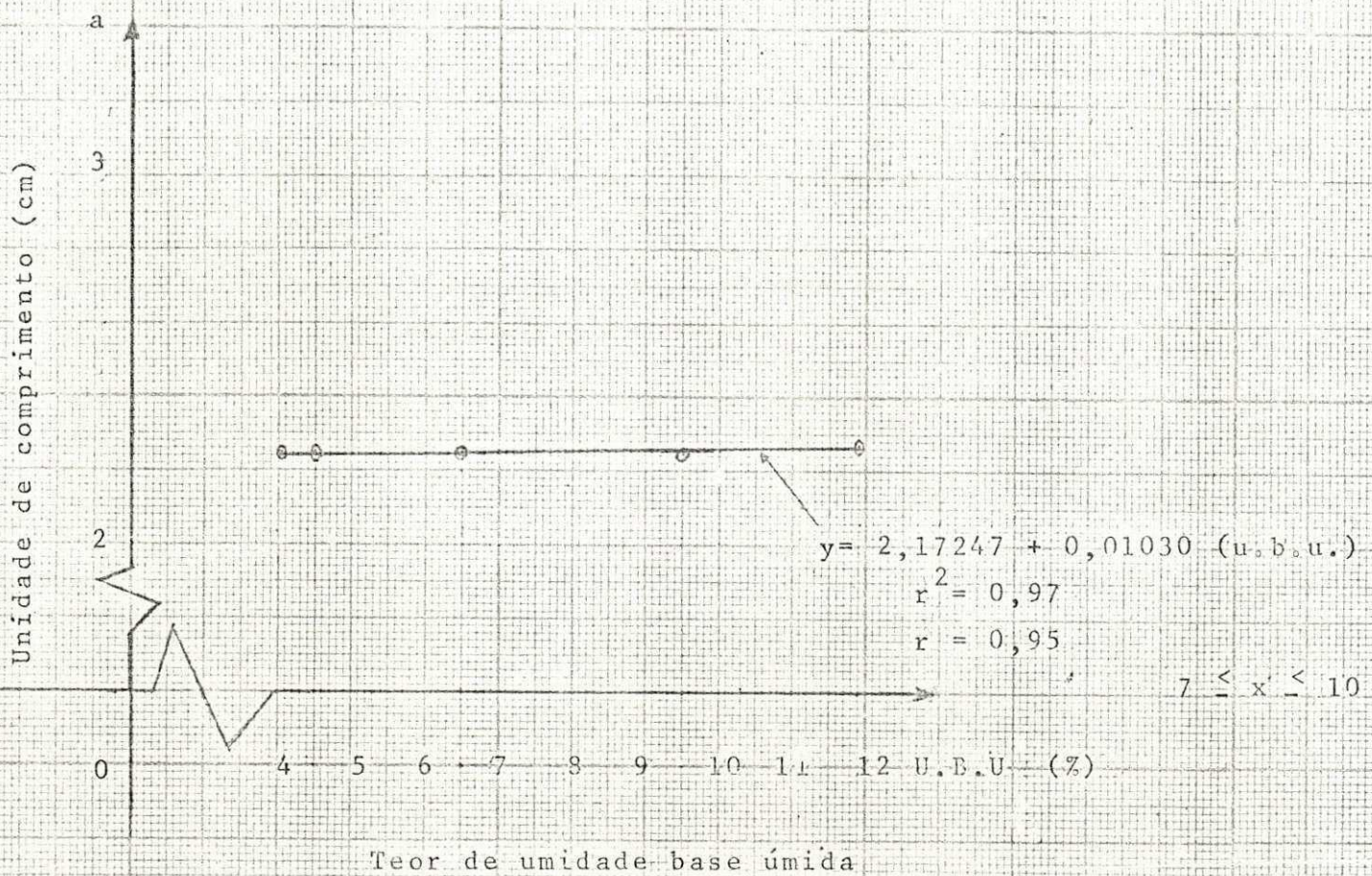


Gráfico 2.

Variação da espessura (b) das sementes de Algaroba em função dos teores de umidades.

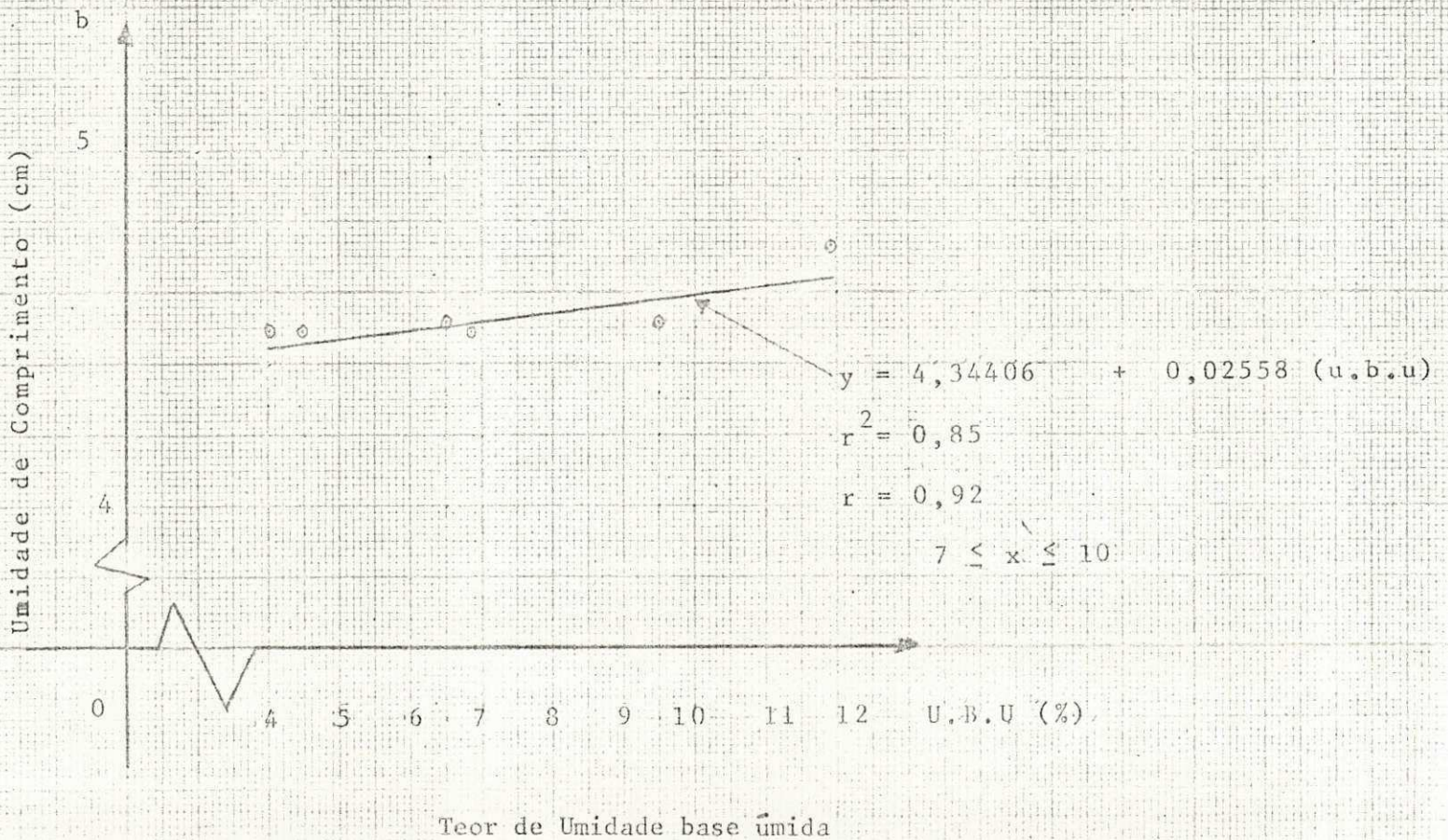
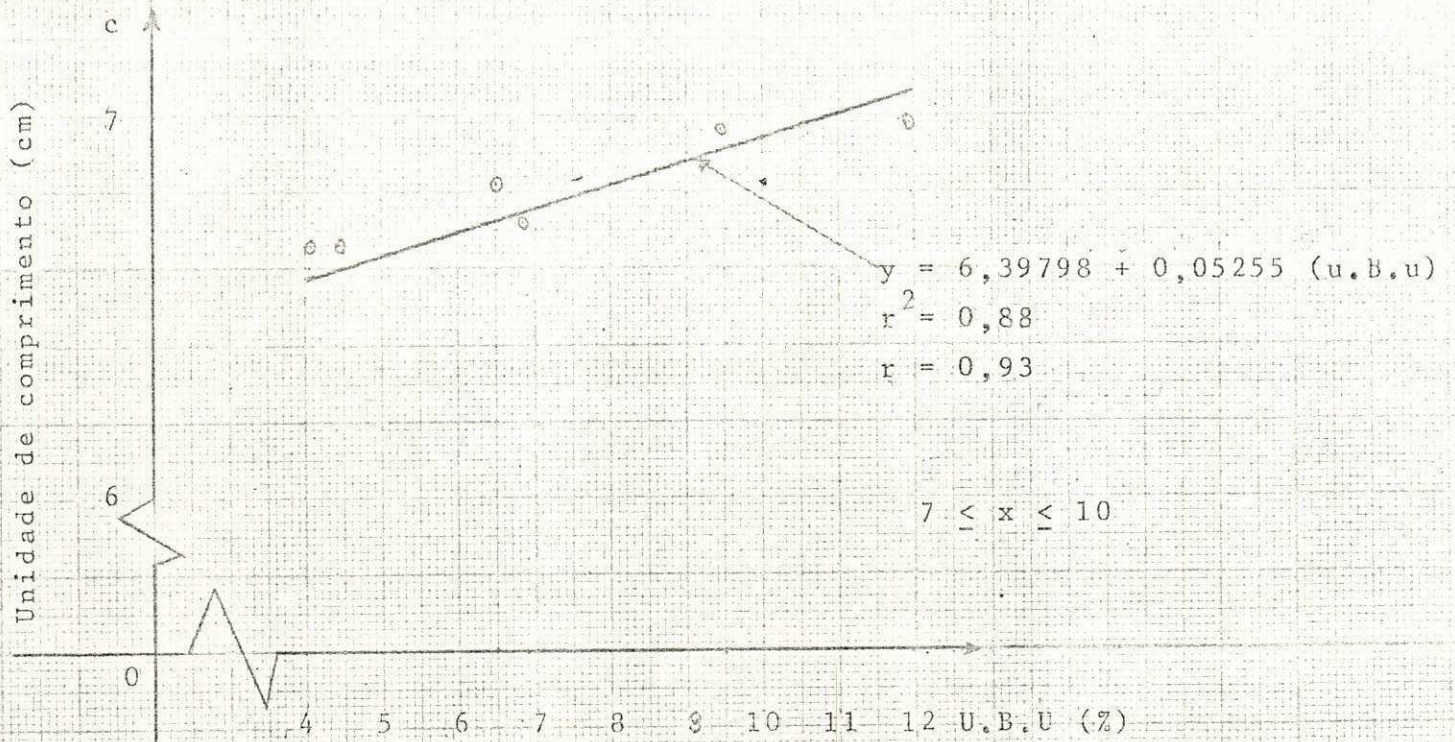




Gráfico 3.

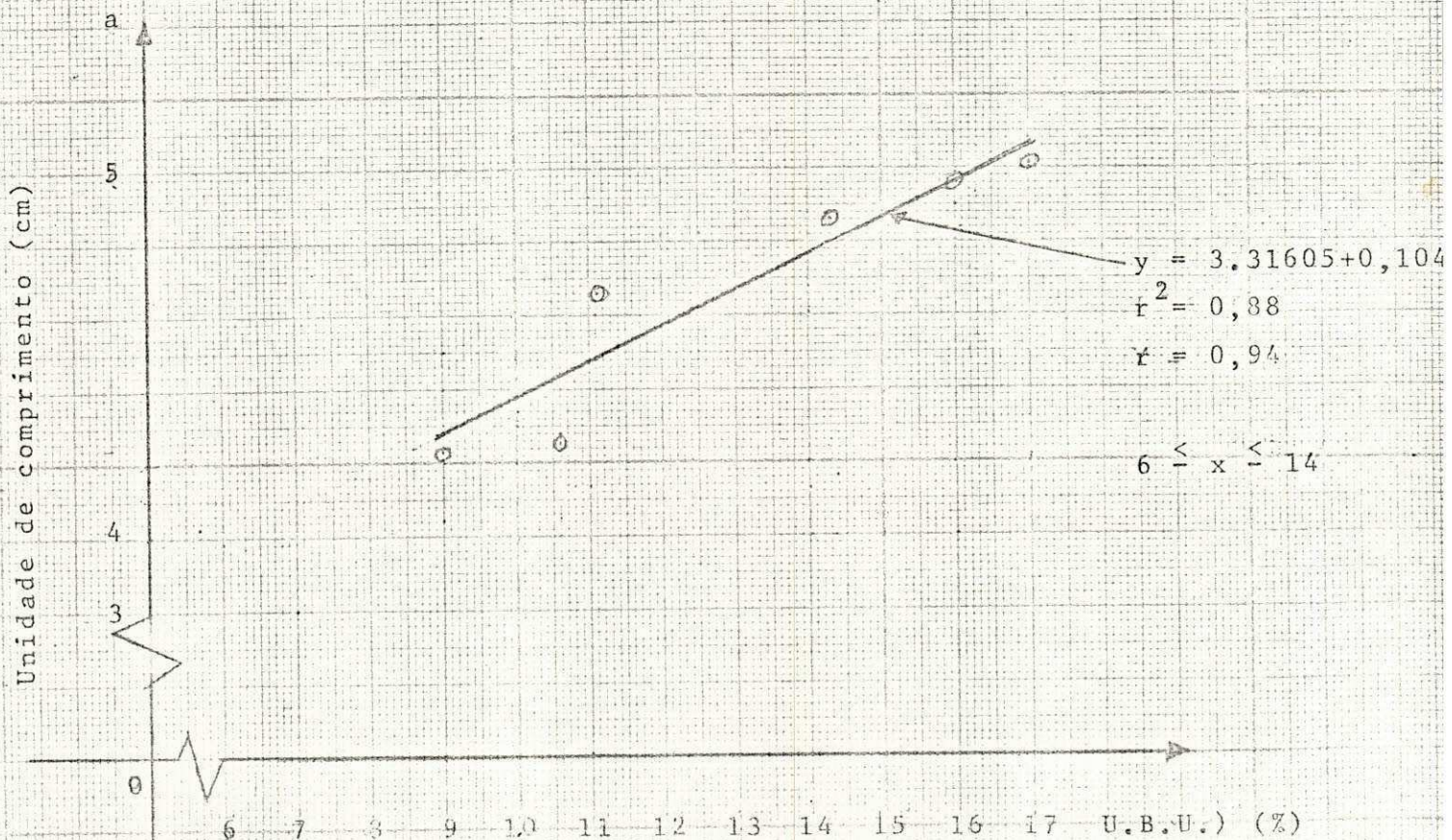
Variação do comprimento (c) das sementes de Algaroba em função dos teores de umidades,



Teor de umidade base úmida

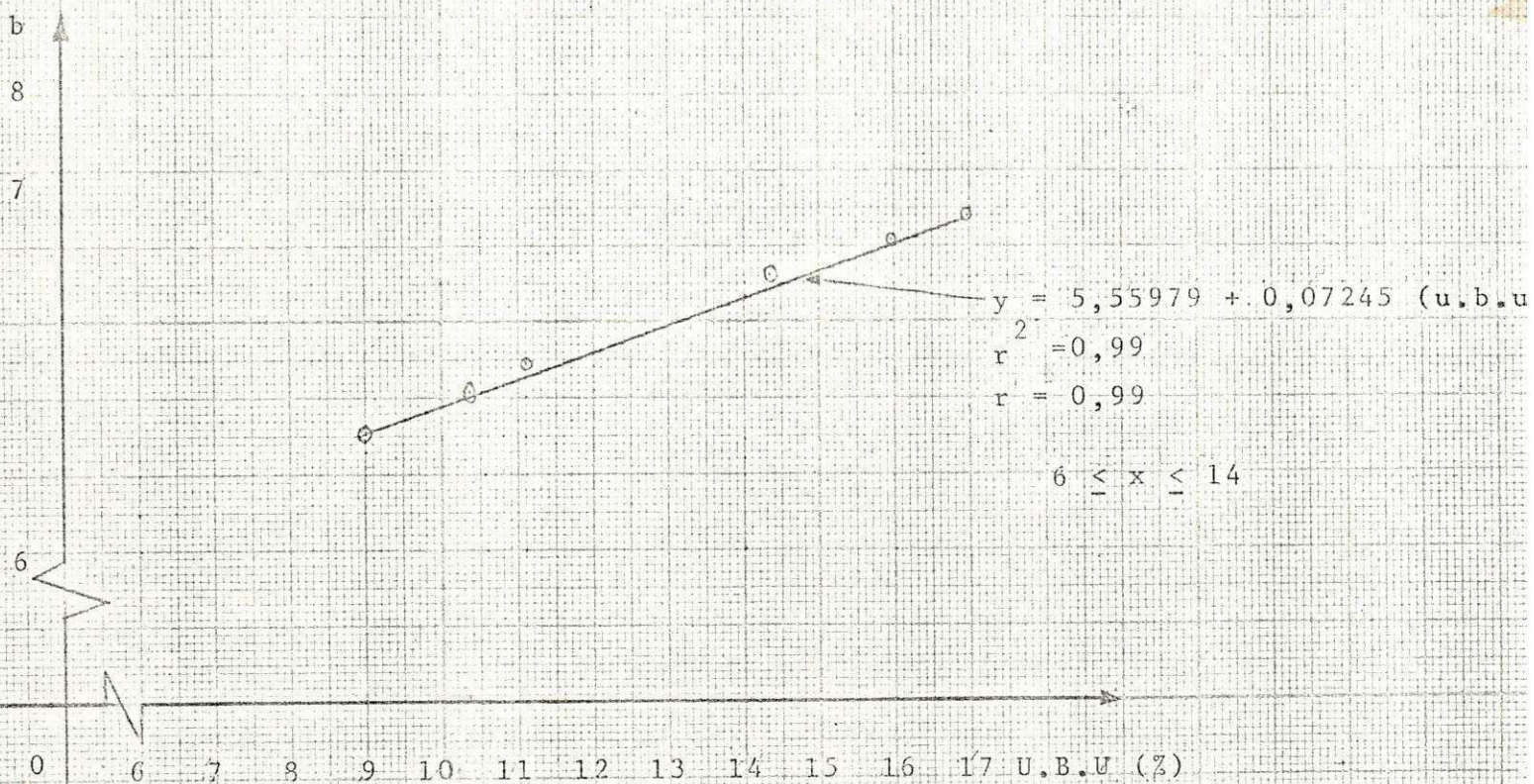
Gráfico 4.

Variação da largura (a) das sementes de Feijão Mulatinho em função dos teores de umidades.



Teor de umidade base úmida

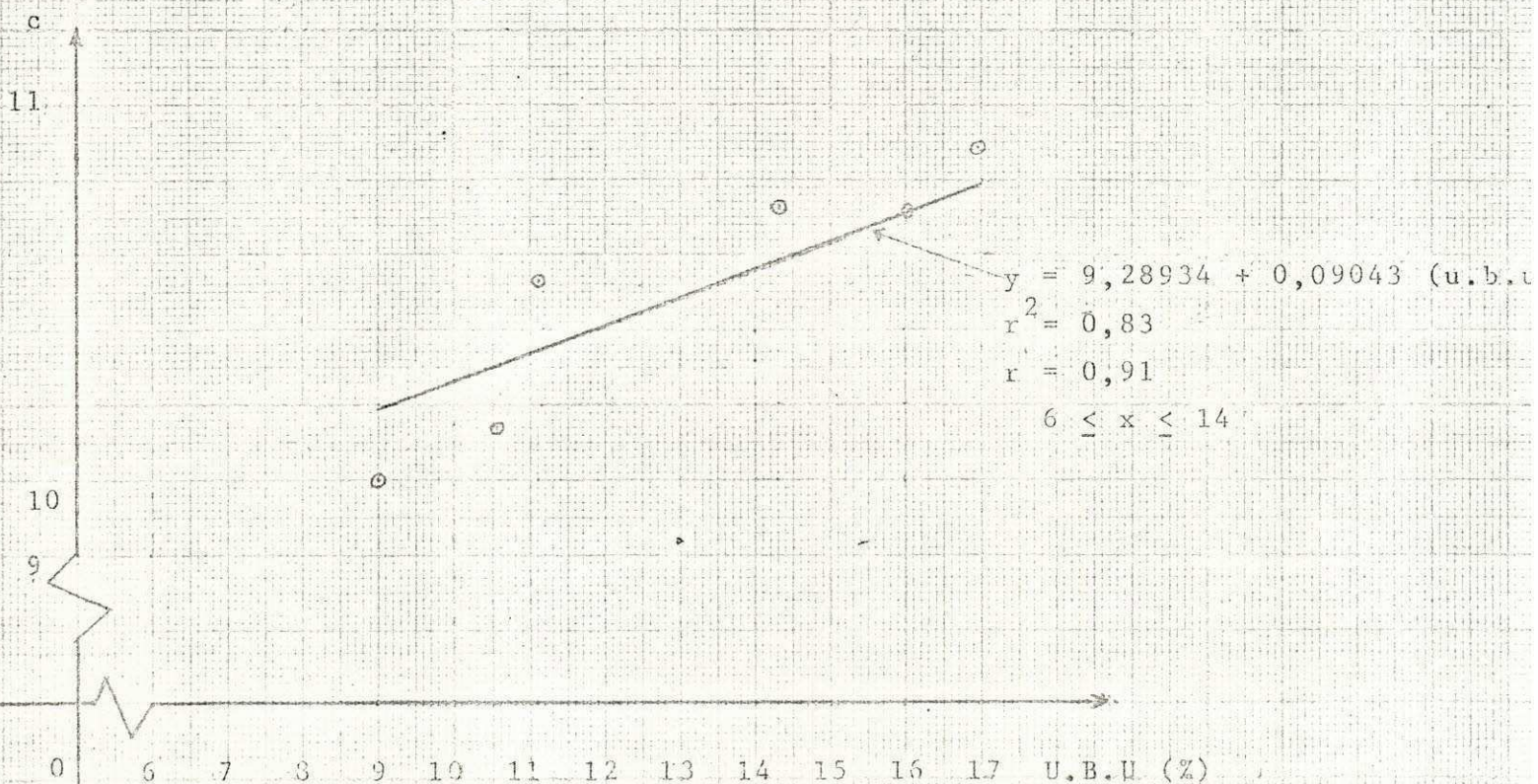
Variação da espessura (b) das sementes de Feijão  
Mulatinho em função dos teores de umidades.



Teor de umidade base úmida

Gráfico 6.

Variação do comprimento (c) das sementes de Feijão  
Mulatinho em função dos teores de umidades.



Teor de umidade base úmida

Gráfico 7.

Variação da largura (a) das sementes de Feijão Macassar em função dos teores de umidades.

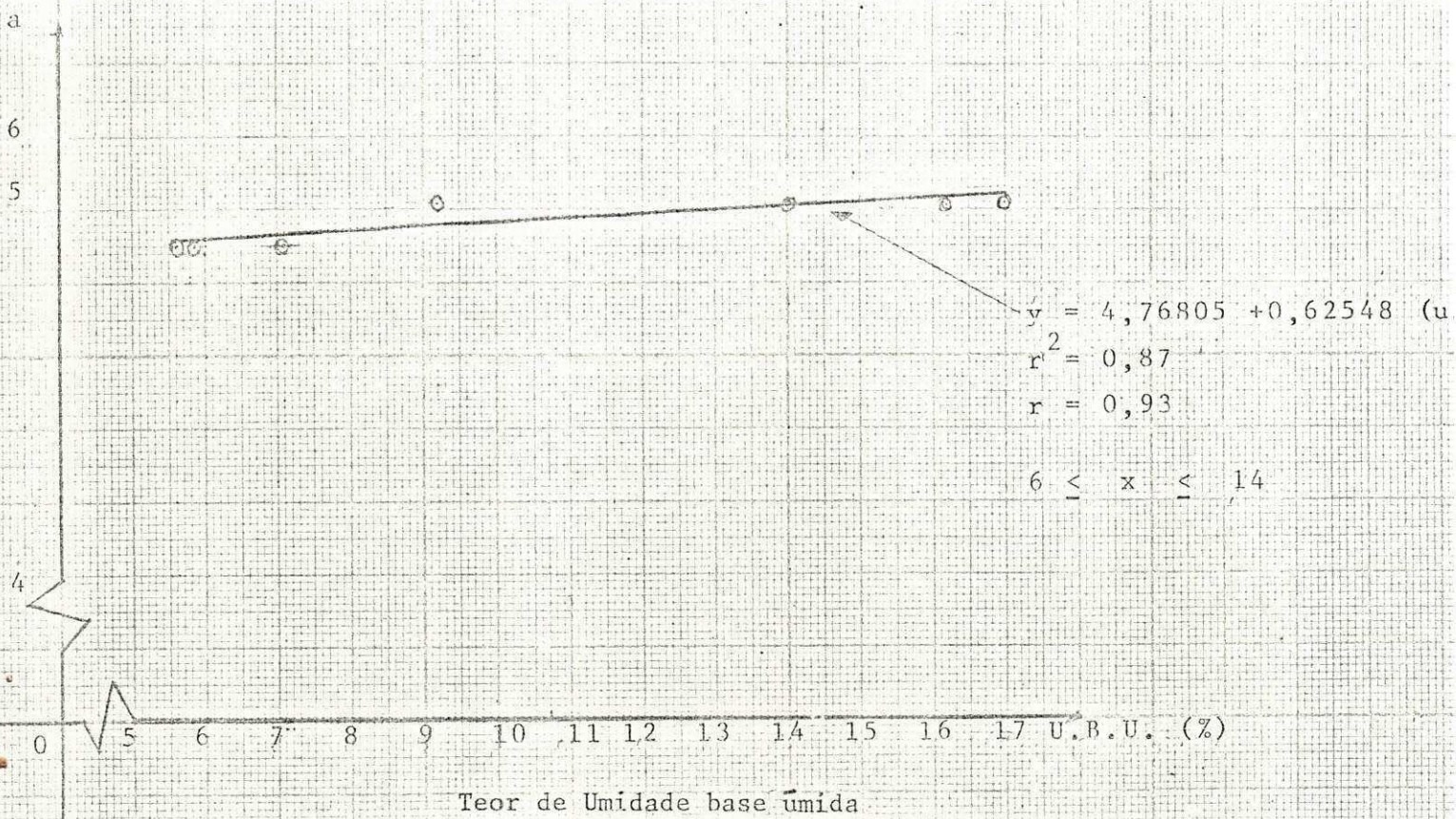


Gráfico 8.

Variação da espessura (b) das sementes de Feijão Macassar em função dos teores de umidades.

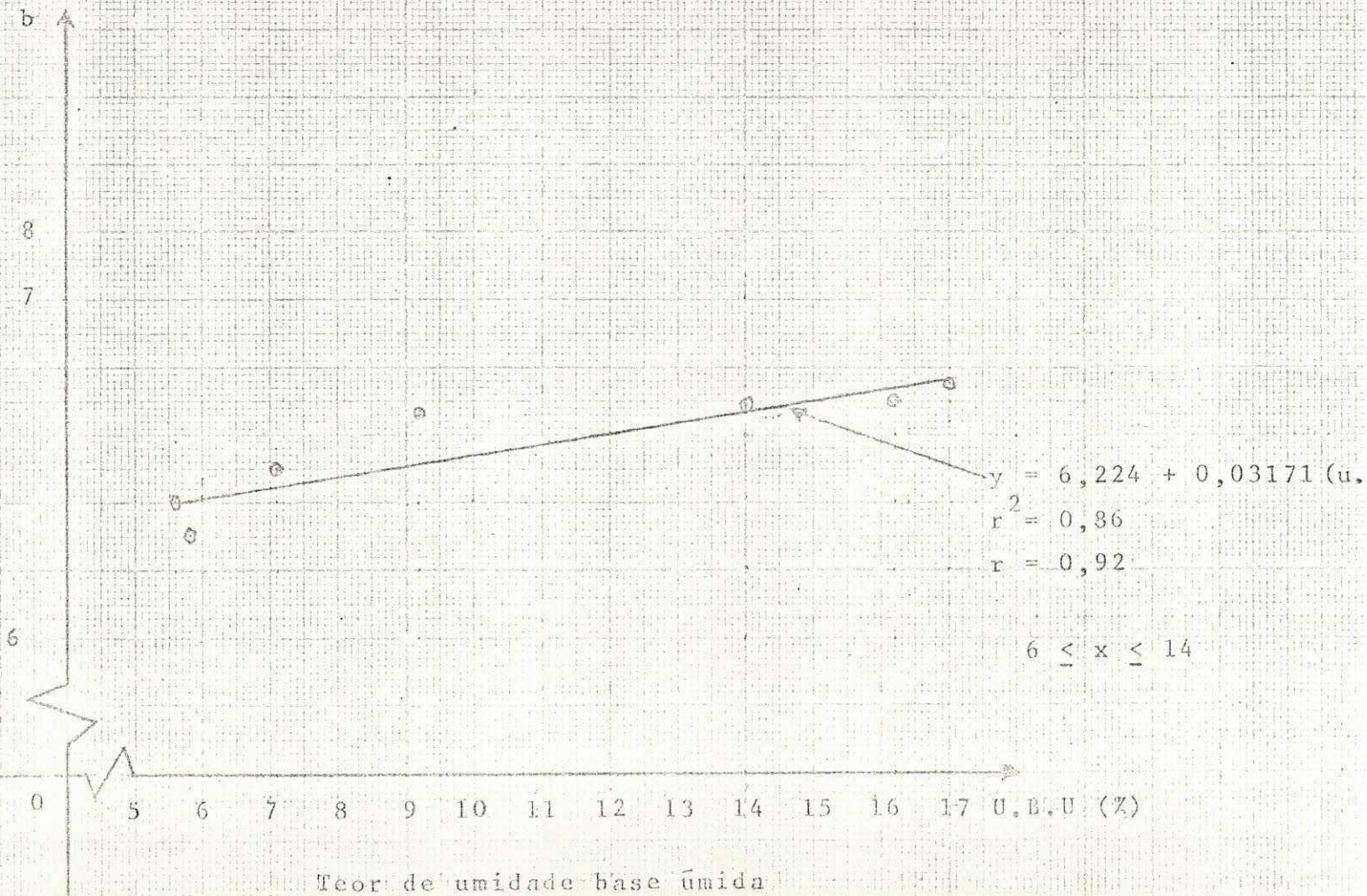
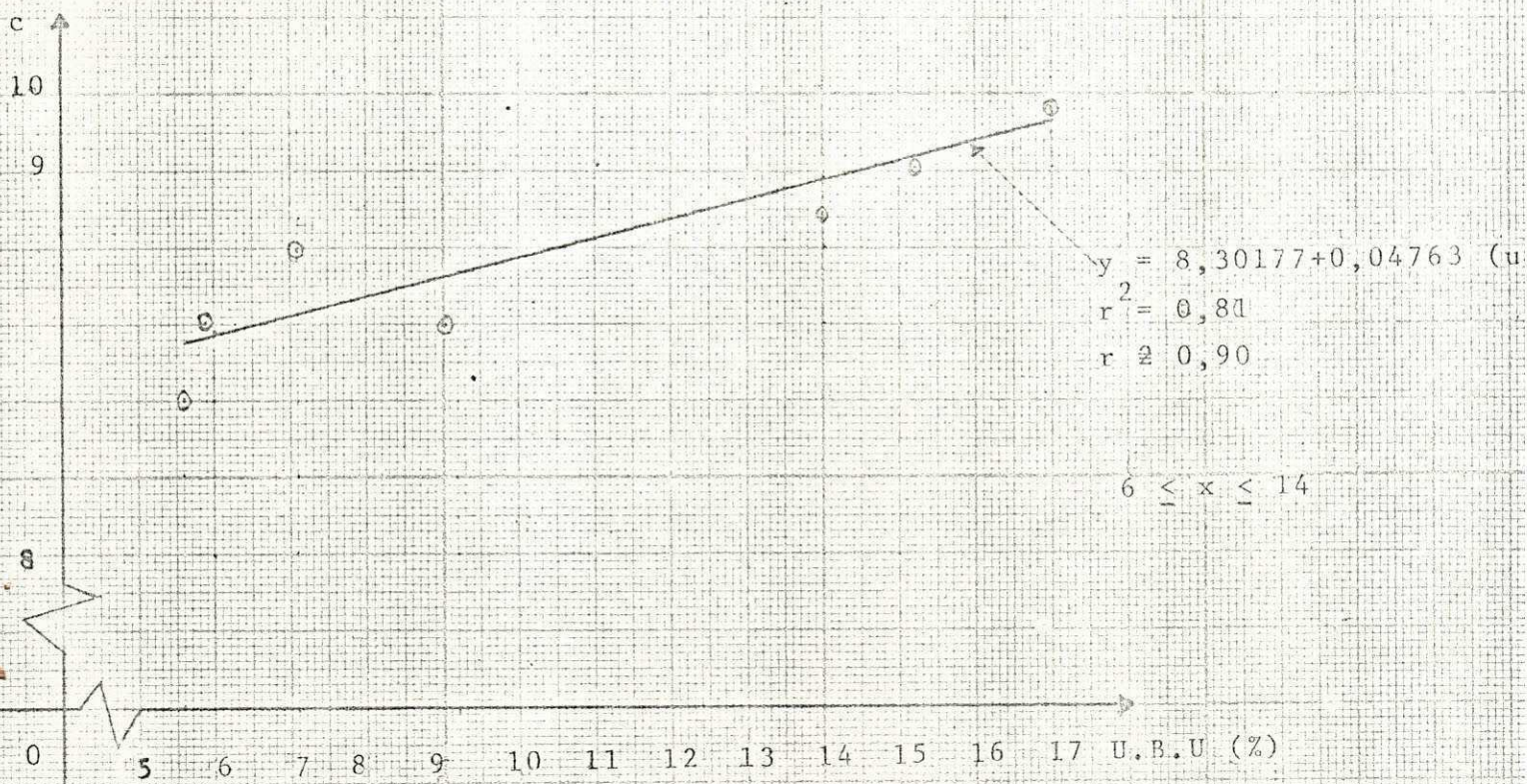


Gráfico 9.

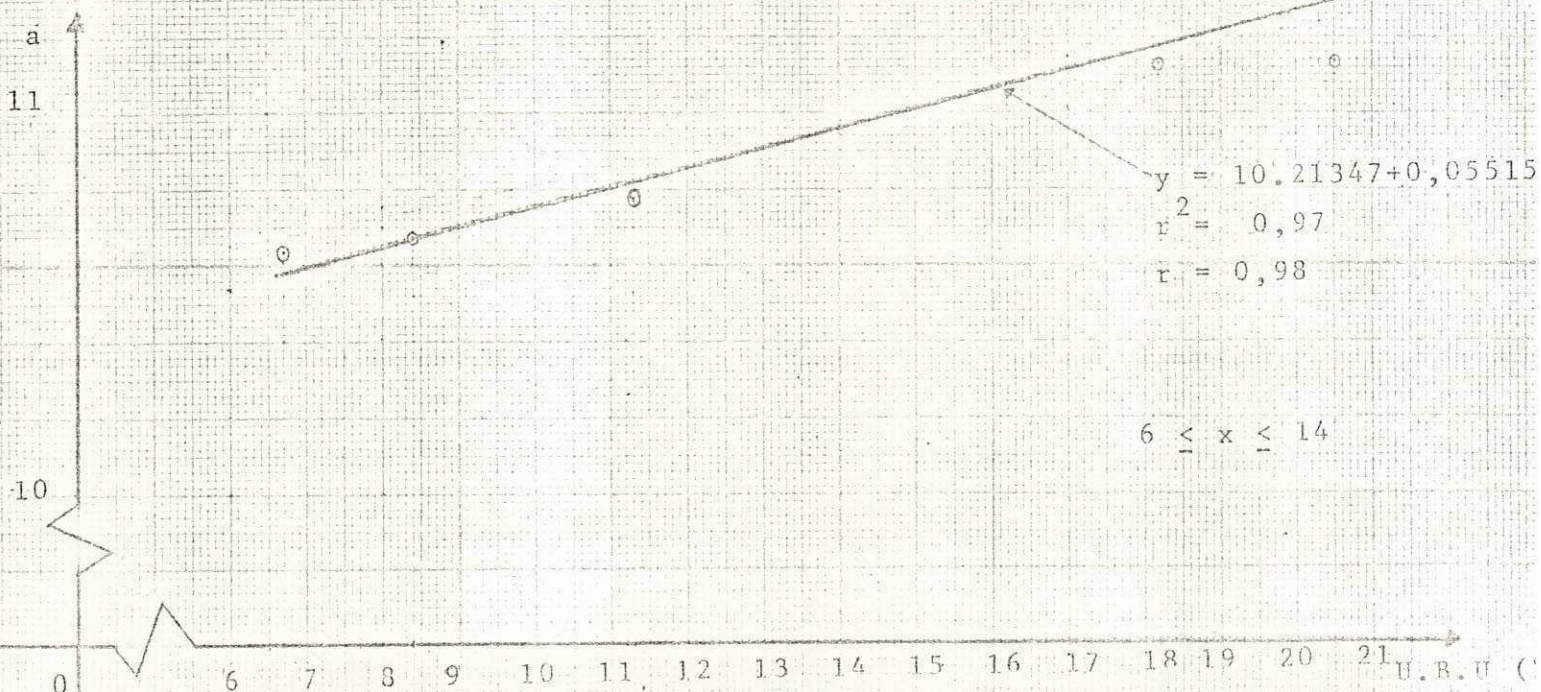
Variação do comprimento (c) das sementes de Feijão Macassar em função dos teores de umidades.



Teor de umidade base úmida.

Gráfico 10.

Variação da largura (a) das sementes de Mamona em função dos teores de umidades.



Teor de umidade base úmida

Gráfico 11.

Variação da espessura (b) das sementes de Mamona em função dos teores de umidades.

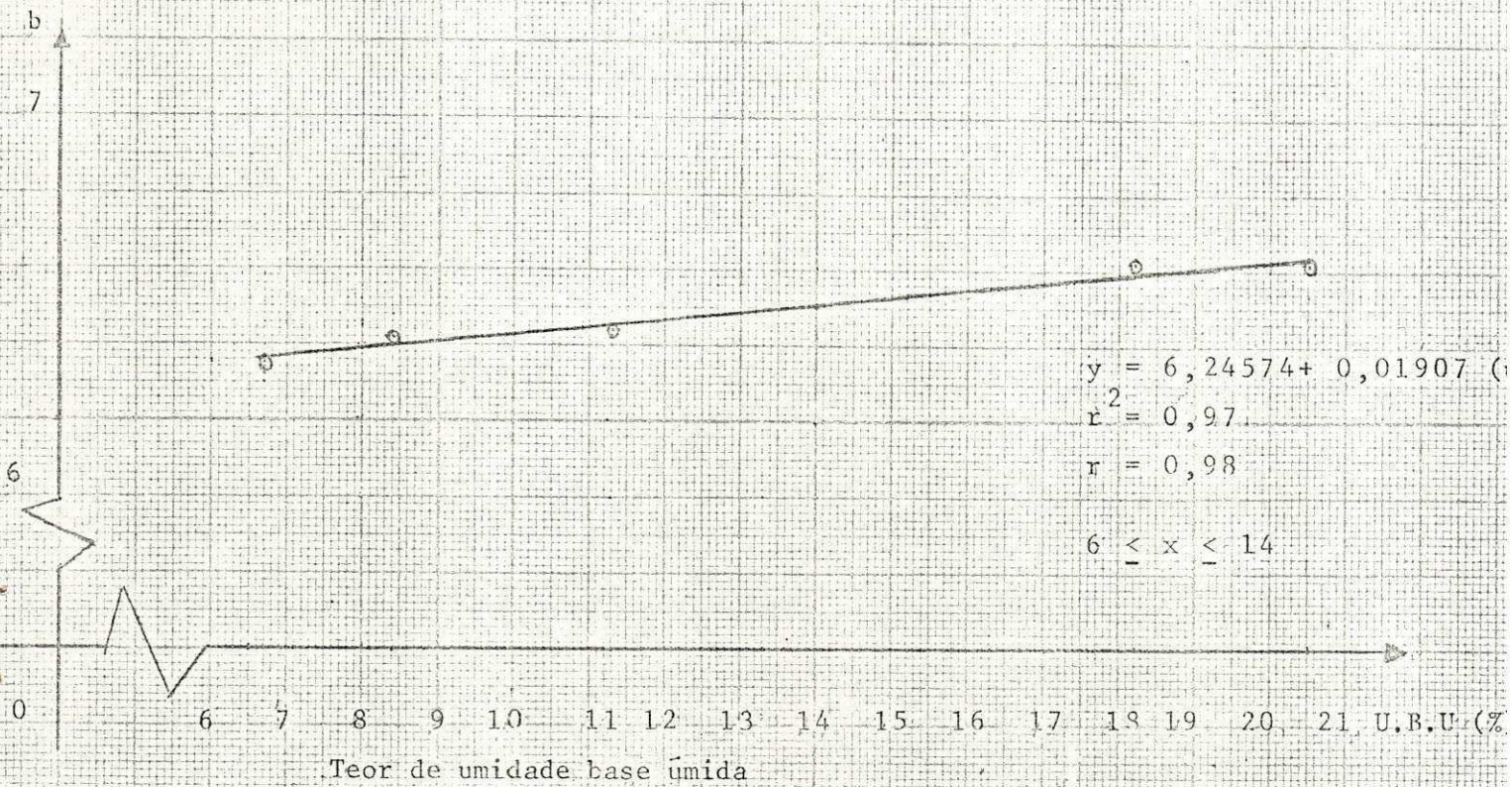
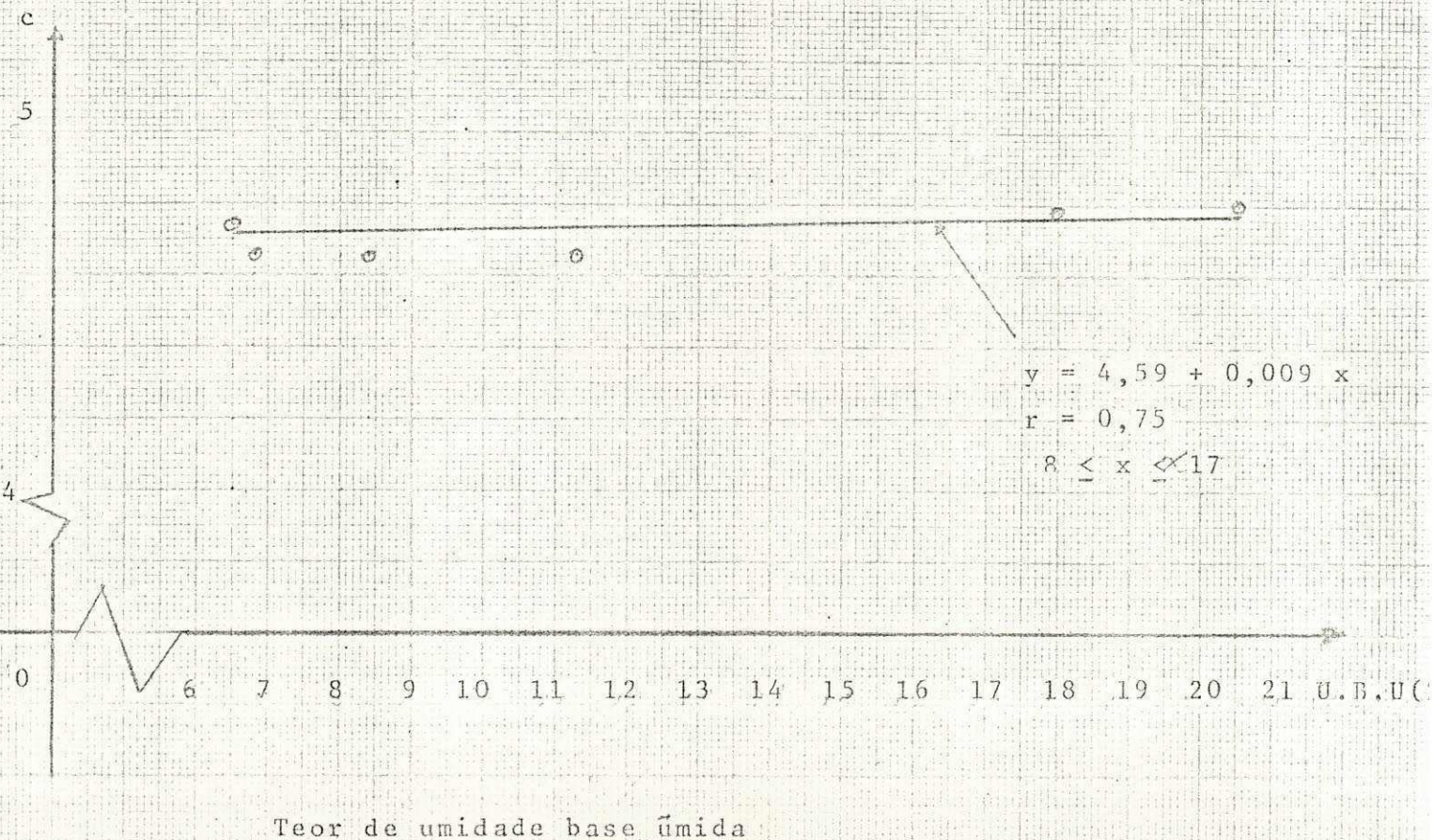


Gráfico 12.

Variação do comprimento (c) das sementes de Mamona em função dos teores de umidades.



## 7 - DISCUSSÕES

Na avaliação comparativa das várias medições feitas com as sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona, ficou evidenciadas que o  $S\bar{x}$  foi relativamente grande para as medidas de comprimento, isto é, devido ao fato da amostragem ter se apresentado não tão grande a 0,231 mm, este resultado deu-se nas sementes de Feijão Macassar. Para as medidas de comprimento, o CV%, foi de 9,5%, o maior encontrado para as sementes de Feijão Macassar que é considerado dentro da estatística um bom resultado.

O processo de cálculo da área de criterion envolve uma série de erros, como por exemplo o erro humano, o erro do retoprojetor deixando uma imagem pouco determinada na periferia, porém o seu resultado é considerado muito satisfatório, tendo em vista que o livro texto trabalhou com 50 sementes e no presente trabalho utilizou-se apenas 16 sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona.

Podemos verificar que dentro dos resultados da circularidade o apresentou o CV% maior foi o de 10,01% para as sementes de Algaroba, que é considerado razoável.

No entanto para a esfericidade o que mostrou um resultado mais adverso foi os das sementes de Algaroba com um CV % igual a 15,62%.

Para verificação do teor de umidade em função da variação em suas dimensões, largura, comprimento e espessura das sementes de Algaroba, Feijão Mulatinho, Feijão Macassar e Mamona, através dos gráficos 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12 pode-se verificar que quanto maior for o teor de umidade, maior será a variação das dimensões.

## 8 - CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no Laboratório de Processamento, Armazenagem e Transferência de Produtos Agrícolas do Núcleo de Tecnologia em Armazenagem, apresentou-me as seguintes conclusões.

- A largura foi característica que menos variou.
- A maior área projetada foi obtida com as sementes de Mamona na projeção de repouso.
- A esfericidade comparando os resultados de CURRAY, e o de CAVALCANTI MATA modificado, verifica-se que as sementes de Algaroba foram as que apresentaram maior característica de variação.
- As dimensões de comprimento, espessura e largura crescem em função do aumento do teor de umidade, onde este crescimento pode ser expresso por uma função linear.

Parece que os dados obtidos para esfericidade segundo o método modificado de CAVALCANTI MATA, expressão melhor esta determinação confrontado com o de CURRAY.

9 - BIBLIOGRAFIA

- 1 - CASTRO, Lamo Sodré Viveiros de - Pontas de Estatística.  
Editora Científica - Rio de Janeiro - 1962, 11.<sup>a</sup> edição 257 p.
- 2 - MONSENIN, Nuvi N - Physical Properties of Plant and Animal materials. Vol. I gordon and Bpeach Science -  
Publishers - New York - 1970 1.<sup>a</sup> edição, 734 p.