



FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

CONTRIBUIÇÃO PARA ALGUMAS NORMAS OPERACIONAIS  
DA REDE NACIONAL DE SILOS DO EQUADOR

ENRIQUE ESCUDERO TORRES  
(Engenheiro Agrônomo)

ORIENTADOR:

Prof.Dr. André Tosello

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e  
Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção  
do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

- 1979 -

**UNICAMP**  
**BIBLIOTECA CENTRAL**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. André Tosello, pela sua objetiva e paciente orientação, na execução deste trabalho, um agradecimento especial;

A Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas e ao Ministério de Agricultura do Equador, pelas facilidades concedidas;

A Divisão de Cooperação Intelectual do Ministério das Relações Exteriores do Brasil, pela bolsa concedida;

Ao Prof.Dr. Luis Gabriel Villa pelas valiosas sugestões;

Ao Prof. Tadeu Jorge pelo apoio e sugestões apresentadas;

Ao Sr. Dagoberto Favoreto do Laboratório de Matérias Primas;

Aos colegas e amigos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## CONTEÚDO

ÍNDICE DE TABELAS . . . . .	I
ÍNDICE DE GRÁFICOS . . . . .	II
RESUMO . . . . .	III
SUMMARY . . . . .	IV
SIMBOLOGIA . . . . .	V
1 INTRODUÇÃO . . . . .	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .	3
2.1. Produção, Consumo e Comercialização de Grãos . . . . .	3
2.2. Armazenamento Atual e Futuro . . . . .	9
2.3. Considerações Técnico-Científicas . . . . .	13
2.3.1. Curvas de Umidade de Equilíbrio . . . . .	13
2.3.2. Qualidade do Grão . . . . .	16
2.3.3. Secagem de Grãos . . . . .	21
2.3.4. Níveis Máximos de Teor de Umidade dos Grãos para o Armazenamento . . . . .	23
2.3.5. Eficiência de Seradores de Grãos . . . . .	24
2.3.6. Custos de Secagem . . . . .	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS . . . . .	28
3.1. Materiais . . . . .	28
3.2. Métodos . . . . .	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	30
4.1. Umidade de Equilíbrio . . . . .	30

4.2.	Custos de Secagem . . . . .	42
4.3.	Tempos Máximos Permissíveis de Armazenamento	48
5.	Conclusões e Recomendações . . . . .	56
	Bibliografia . . . . .	59
	Anexo . . . . .	67

## ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1 - Produção e consumo de arroz, milho e soja no Equador
- Tabela 2 - Estimativas de Produção e Consumo para 1985
- Tabela 3 - Comercialização Mensal (%)
- Tabela 4 - Porcentagens de Colheita de Grãos no Equador
- Tabela 5 - Instalações de Armazenamento de Grãos no Equador
- Tabela 6 - Capacidade da Rede de Silos
- Tabela 7 - Resultados da Unidade de Equilíbrio
- Tabela 8 - Custo de Secagem para o Milho
- Tabela 9 - Custo de Secagem para o Arroz
- Tabela 10 - Custo de secagem para a Soja
- Tabela 11 - Custo Comparativo entre os Preços Estimados e os  
Custos de Secagem
- Tabela 12 - Tempo Máximo Permissível de Armazenamento para Grãos

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Umidade de Equilíbrio do Arroz
- Gráfico 2 - Umidade de Equilíbrio do Milho
- Gráfico 3 - Umidade de Equilíbrio da Soja
- Gráfico 4 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no Quevado
- Gráfico 5 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no Esmeraldas.
- Gráfico 6 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no Tosagua
- Gráfico 7 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no La Avanzada.
- Gráfico 8 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no Portoviejo
- Gráfico 9 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no Ventanas
- Gráfico 10 - Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente, no El Carmen
- Gráfico 11 - Multiplicador de Danos Mecânicos
- Gráfico 12 - Multiplicador de Umidade
- Gráfico 13 - Multiplicador de Temperatura

## RESUMO

O teor de umidade de equilíbrio é fundamental no manuseio, na secagem e no armazenamento de produtos agrícolas.

Neste trabalho, foi determinado o teor de umidade de equilíbrio para a soja, o milho e o arroz, de variedades equatorianas.

Com o teor de umidade de equilíbrio e os dados climáticos, foram determinados os períodos críticos para o armazenamento dos três grãos, para os sete pontos que compõem a Rede de Silos do Equador.

Foi calculado o custo de secagem para estes grãos, desde a umidade inicial de 25%, até a umidade final recomendada para cada um deles.

Com os dados das condições climáticas de cada um dos sete pontos que integram a Rede de Silos, foi calculado o tempo máximo permissível de armazenamento para o arroz, o milho e a soja.

## SUMMARY

The degree of moisture of equilibrium is very important drying and storage of agricultural products.

During the present research the degree of moisture of equilibrium was determined for soybean, corn and rice of equatorial varieties.

Critical periods for storage were calculated based on the degree of moisture of equilibrium and climatic data for the seven locations which comprise the storage network in Ecuador.

Drying costs for the three crops were calculated for humidities between the initial value of 25% to up to the recommended final humidity for each crop.

Maximum permissible storage time for rice, corn and soybean was calculated based on climatic conditions prevalent on those seven locations.



## SIMBOLOGIA

$E_{ev}$	Energia para evaporar a água do produto, Kcal/t.
$h_a$	Entalpia do ar de entrada, após sair do queimador, Kcal/Kg de ar seco.
$Ma$	Fluxo de massa de ar seco, Kg de ar seco/h.
$M$	Kg de água evaporada por tonelada de produto seco.
$N_c$	Eficiência do secador, $N_{TC} \times N_S$ .
$N_{TC}$	Eficiência de troca de calor do queimador à óleo.
$N_S$	Eficiência do ar de secagem no interior da câmara.
$Q_{comb}$	Calor de combustão do óleo, Kcal/Kg.
$V$	Gasto de combustível, l/t produto seco.
$\gamma_{esp}$	Pêso específico do óleo, Kg/l.
$h$	600 Kcal necessárias para evaporar um Kg de água

## 1. INTRODUÇÃO

O desequilíbrio entre a oferta e a demanda de alimentos, particularmente de grãos, gerado pela falta de planejamento entre a produção e as necessidades de consumo, é afetado também por diversos fatores, tais como: o conjunto de condições meteorológicas adversas, a falta de uma política adequada de comercialização e a carência de uma infraestrutura de armazenamento, tanto do setor público, como do setor privado.

No caso particular do Equador, estão sendo instaladas Unidades de Beneficiamento e Conservação que deverão entrar em funcionamento ainda este ano. Dados indicam que o Sistema Nacional de Armazenagem será melhorado, mas ainda continuará deficiente para as necessidades do país, especialmente na zona litorânea, a principal região produtora de grãos.

Informações mais recentes indicam que a Rede Nacional de Armazenagem carece principalmente de Unidades Coletoras a nível de fazenda.

Para obter o melhor aproveitamento dessa rede armazenadora, é imprescindível a utilização de técnicas apropriadas

para o manuseio dos produtos armazenados, suas condições de umidade, impurezas, etc., além dos fatores climatológicos da região onde serão armazenados, visando conservar suas características qualitativas e quantitativas, durante o tempo de estocagem.

Poucos são os trabalhos técnico-científicos realizados sobre o armazenamento, levando-se em consideração as condições e as matérias primas (principalmente grãos) no Equador.

Desta maneira, com este trabalho, se propõe estudar as técnicas de armazenagem e de conservação dos grãos em uma Rede de Silos, a nível subterminal, nas condições do Equador. Os resultados obtidos poderão servir de base para orientação do funcionamento da Rede e, também, como incentivo a novas pesquisas neste setor.

Pelo volume de produção e, por se tratar de produtos básicos na alimentação humana e animal, escolheu-se para este trabalho três grãos: arroz, soja e milho, que apresentam problemas semelhantes de comercialização.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PRODUÇÃO, CONSUMO E COMERCIALIZAÇÃO DE GRÃOS

O Equador é um país essencialmente agrícola, apesar de nos últimos anos não ter conseguido suprir as necessidades de matérias primas exigidas por sua população e indústria, sendo obrigado a importar alguns produtos agrícolas.

Com os incentivos oferecidos pelo governo nos últimos anos, principalmente com o crédito agrícola, a produção de alguns grãos, como arroz, milho e soja, tiveram um aumento considerável.

A falta de infraestrutura de armazenamento nos seus distintos níveis, fazenda (19), intermediário e terminal, originaram grandes perdas dessas produções, fazendo com que o país passasse de um ano para outro, de exportador para importador. Isso ocorreu com o arroz em 1974 e com o milho em 1977, determinando uma problemática no sistema de comercialização (16).

Os três produtos mencionados são agro-industriais, - apresentando características similares de pós-colheita (17):

- Uma grande parte dos volumes produzidos provém de pequenos e médios produtores;

- Estes produtos devem ser processados antes de chegar ao consumidor;

- Semelhantes níveis de excesso de umidade e impurezas;

- Secagem deficiente, e

- Armazenamento inadequado.

A tabela 1 mostra as produções e consumos equatorianos de arroz, milho e soja (17), em 1978.

Tabela 1 - Produção e consumo de arroz, milho e soja no Equador

Produto	Produção (t)	Consumo Aparente	Consumo Aparente
		per capita (Kg)	Total (t)
*Arroz	198.663	27.77	201.200
Milho	198.607	26.84	191.100
Soja	15.035	2.07	14.353

\* Sem casca

Como se indica na Tabela 2, de acordo com as proje -

ções realizadas (17), espera-se uma considerável expansão da produção em 1985.

Tabela 2 - Estimativas de Produção e Consumo para 1985.

Produto	Produção (t)	Consumo Aparente Total (t)	Saldo (Kg)
Arroz	304.652	284.800	19.852
Milho	340.857	281.932	58.925
Soja	98.338	82.320	26.028

Com relação a comercialização, o arroz, no conjunto da economia agrícola e em geral do país, não só constitui-se em um alimento básico na alimentação de amplos setores da população, como também participou substancialmente no quadro da fonte de divisas, em períodos significativos da vida republicana do país.

Na comercialização desta gramínea com casca, o sistema que predomina é a venda direta do agricultor aos beneficiários, em uma proporção estimada entre 40 a 45% dos volumes totais. De 20 a 30% se faz através das cooperativas orizícolas e o restante pelos intermediários rurais, que atuam entre o agricultor e os beneficiários (17).

Da produção total de milho estima-se que, aproximadamente 1,5% é usada para sementes, 15% para consumo animal, 51% pela indústria para fabricação de concentrados para animais, 18,5% em consumo humano e 14% são perdidos. Portanto, da quantidade produzida, se estima que 65% entra no circuito do mercado através de diferentes tipos de canais, que podem ser: agricultor-intermediário-indústria; agricultor-intermediário-Empresa Nacional de Armazenagem; e agricultor-Empresa Nacional de Armazenagem-indústria (17).

Como verifica-se pela Tabela 3 (17), os maiores volumes que se comercializam, de arroz e de soja, são nos meses de maio e junho, devido a saída da colheita da época das águas. Não foram encontrados dados para o milho, porém podemos considerar semelhante aos outros dois produtos.

A venda direta do agricultor à indústria, é através dos intermediários rurais, totalizando os volumes de soja comercializada.

Estes produtos têm, já há alguns anos, um regime de preços oficiais de compra a nível de indústrias, porém, somente a partir de 1974 existe um poder de compra estatal que os garante.

As épocas de colheita destes produtos são bem demar-

cadras e em grande parte coincidentes. O plantio da estação das águas é colhido de maio a meados de julho, enquanto que o da estação da seca colhe-se em outubro e novembro.

Tabela 3 - Comercialização Mensal (%)

Meses	Arroz	Soja
Jan.	2.9	2.4
Fev.	2.4	2.6
Mar.	0.4	2.0
Abr.	0.5	5.9
Maió	22.3	6.3
Jun.	29.6	15.5
Julh.	8.9	14.8
Agos.	4.1	21.3
Set.	6.7	4.7
Out.	9.6	4.6
Nov.	8.8	2.7
Dez.	3.8	4.2
Total	100%	100%



Os volumes colhidos em cada safra e para cada produto, flutuam de um ano para outro, no entanto as estatísticas indicam as seguintes porcentagens (17), mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagens de colheita de grãos no Equador

Produto	Safra das águas (%)	Safra das secas (%)
Milho	70-83	17-30
Arroz	58-62	38-42
Soja	55-60	45-40

Em função desta situação, a produção não comercializada de imediato deverá ser armazenada de três a quatro meses no ano, visando principalmente um abastecimento regular.

No que diz respeito a umidade, estes produtos são colhidos com uma porcentagem de umidade média de 25% e com uma média de impurezas ao redor de 8% (18,50).

## 2.2 ARMAZENAMENTO ATUAL E FUTURO

Ao longo dos anos, o Equador sofreu as consequências de uma falta de estrutura de suporte ao abastecimento da população e a comercialização de grãos. Nos anos de maior produção de cereais, grandes quantidades foram perdidas por falta de silos.

O setor público carece da infraestrutura mínima requerida para intervir com eficácia na distribuição de grãos, garantir os agricultores e manter estoques reguladores.

Na Tabela 5, observa-se as instalações para o armazenamento de grãos no Equador.

Além disso, o setor privado supera em 4.2 vezes a capacidade de armazenagem (para o arroz e milho) com relação ao setor público.

Na atualidade, existe uma deficiência de armazenamento de 105.000 toneladas e com uma projeção de 161.000 toneladas para o ano de 1980 (17).

Com esta situação, a Empresa Nacional de Armazenagem do Equador elaborou o Projeto da Rede de Silos (primeira fase), visando diminuir essa deficiência de armazenamento a ní

Tabela 5 - Instalações de Armazenamento de Grãos no Ecuador (41)

	OFICIAL				MOINHOS DE TRIGO				BENEFICIAADORAS							
	*ENAC		**ENPROVIT		SILOS		BODEGAS		TOTAL		SILOS		BODEGAS		TOTAL	
	SILOS	BODEGAS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL
SIERRA	17.123	19.572	5.614	42.277	15.613	10.409	26.022	-	594	594	-	-	-	-	-	-
CARCHI	2.699	455	-	3.154	-	818	818	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IMBABURA	-	909	-	909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PICHINCHA	3.864	7.013	4.318	15.195	11.068	2.227	13.295	-	154	154	-	-	-	-	-	154
COTOPAXI	-	182	-	182	4.545	-	4.545	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TUNGURAHUA	-	909	-	909	-	2.818	2.818	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIMBORAZO	3.000	9.013	614	12.627	-	4.182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOLIVAR	4.000	138	-	4.138	-	-	-	-	62	62	-	-	-	-	-	82
CANAR	-	182	-	182	-	-	-	-	13	13	-	-	-	-	-	13
AZUAY	-	682	432	1.114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOJA	3.560	91	250	3.901	-	364	364	-	345	345	-	-	-	-	-	345
<b>COSTA</b>	<b>15.000</b>	<b>11.500</b>	<b>2.136</b>	<b>29.536</b>	<b>46.818</b>	<b>6.000</b>	<b>52.818</b>	<b>25.519</b>	<b>64.308</b>	<b>89.525</b>	<b>25.519</b>	<b>64.308</b>	<b>89.525</b>	<b>25.519</b>	<b>64.308</b>	<b>89.525</b>
ESMERALDAS	-	91	-	91	-	-	-	-	73	73	-	-	-	-	-	73
MANABI	-	91	-	91	-	-	-	-	827	827	-	-	-	-	-	827
GUAYAS	16.000	11.182	2.136	29.313	46.818	6.000	52.818	25.519	50.984	71.901	-	-	-	-	-	71.901
LOS RIOS	-	45	-	45	-	-	-	-	12.295	12.295	-	-	-	-	-	12.295
EL ORO	-	91	-	91	-	-	-	-	127	127	-	-	-	-	-	127
<b>TOTAL</b>	<b>33.123</b>	<b>61.072</b>	<b>7.750</b>	<b>71.945</b>	<b>62.431</b>	<b>16.409</b>	<b>78.840</b>	<b>25.519</b>	<b>64.900</b>	<b>90.419</b>	<b>25.519</b>	<b>64.900</b>	<b>90.419</b>	<b>25.519</b>	<b>64.900</b>	<b>90.419</b>

\* Empresa Nacional de Armazenamento

\*\* Empresa Nacional de Productos Vitales

continuação da tabela 5

INDÚSTRIA DE RAÇÕES			MATERIAS			OUTROS			TOTAL	
SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS	TOTAL	SILOS	BODEGAS
<u>2.286</u>	<u>7.194</u>	<u>9.480</u>	<u>15.273</u>	<u>45</u>	<u>15.318</u>	-	-	-	<u>50.295</u>	<u>43.428</u>
-	2.273	2.273	-	-	-	-	-	-	2.699	5.548
-	227	227	-	-	-	-	-	-	-	1.138
2.286	3.808	6.094	15.000	-	15.000	-	-	-	32.218	17.520
-	-	-	273	45	318	-	-	-	4.818	227
-	750	750	-	-	-	-	-	-	-	4.477
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.809
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198
-	136	136	-	-	-	-	-	-	-	1.250
-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.560	1.050
<u>17.909</u>	<u>5.928</u>	<u>23.837</u>	<u>1.045</u>	-	<u>1.045</u>	<u>34.400</u>	<u>6.000</u>	<u>40.400</u>	<u>141.691</u>	<u>95.870</u>
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164
9.045	3.182	12.227	-	-	-	15.000	-	15.000	24.045	4.100
8.864	2.746	11.610	1.045	-	1.045	19.400	6.000	25.400	117.646	79.048
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.340
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218
<u>20.195</u>	<u>13.122</u>	<u>33.317</u>	<u>16.316</u>	<u>45</u>	<u>16.363</u>	<u>34.400</u>	<u>6.000</u>	<u>40.400</u>	<u>191.986</u>	<u>139.298</u>

vel intermediário no país, com um custo de 19.503.890 de dólares (18).

As capacidades de recebimento, limpeza e secagem (18), para cada um dos lugares que compõe a Rede de Silos, - aparecem na Tabela 6.

Tabela 6 - Capacidade da Rede de Silos

Lugares	Recebimento	Limpeza	Secagem	Armazenamento	
	t/h	t/h	t/h	Silos t	Armazéns t
Portoviejo	40	40	40	4.000	3.000
Tosagua	40	40	40	4.000	3.000
Ventanas	30	30	30	4.000	3.000
El Carmen	30	30	30	4.000	3.000
Quevedo	30	20	20	4.000	4.500
Esmeraldas	20	20	20	2.500	1.500
La Avanzada	20	20	20	2.500	3.000

## 2.3. CONSIDERAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

### 2.3.1. Curvas de Umidade de Equilíbrio

Os grãos, como qualquer material higroscópico, mantem o equilíbrio de sua umidade com determinada umidade relativa do ar, a uma dada temperatura, ou seja, têm capacidade de - perder ou absorver água, de acordo com uma baixa ou alta umidade relativa do ar, contida no espaço intersticial da massa de grãos (7).

O teor de umidade de equilíbrio é a umidade que o produto atinge quando deixado por certo tempo, em determinadas condições de temperatura e umidade do ar ( 7). O equilíbrio se estabelece no momento em que o produto não troca umidade com o ar que o rodeia.

A determinação das curvas de teor de umidade de equilíbrio são importantes e fundamentais na secagem e no armazemento dos grãos (10).

Os teores de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos dependem principalmente de três fatores, considerando-se o mesmo método de determinação:

1. Umidade relativa do ar;
2. Temperatura do produto, que é igual a temperatura do ar, e
3. Espécie do grão.

Estes valores poderão ainda ser diferentes de acordo com a variedade, com o fenômeno de transferência de umidade (desorção ou adsorção), com as práticas culturais, com a maturidade e com o método de secagem empregado (48).

Basicamente, dois são os métodos usados para determinação do teor de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos (17):

1. O método estático, em que o grão chega ao equilíbrio dentro de um ambiente úmido, sem circulação forçada de ar;

2. O método dinâmico, no qual o ar com temperatura e umidade controlada, é forçado mecanicamente a passar com certa velocidade pelo material biológico.

No que respeita ao método estático, alguns tipos de soluções aquosas são usadas para controlar a umidade relativa. Estas soluções consistem em: soluções salinas satura-

das, soluções de ácido sulfúrico, de ácido clorídrico e etileno no glicol. As concentrações adequadas podem controlar a umidade relativa de ar entre 0 e 100%.

O uso da solução de ácido sulfúrico, tem sido amplamente usada, (6,2,34,8,13), demonstrando a sua viabilidade no estudo da higroscopicidade de materiais biológicos.

São encontradas na literatura Curvas de Umidade de Equilíbrio para feijão (15), soja (31), arroz em casca (16) e vários outros tipos de grãos (14), determinadas com as soluções de ácido sulfúrico.

Com o uso de soluções salinas saturadas e as diversas concentrações, curvas de umidade de equilíbrio para o arroz (32) e milho (26) foram determinadas.

Kossoki (34), usando etileno glicol e também as soluções de ácido sulfúrico para o controle de umidade relativa em câmaras herméticas, determinou as Curvas de Umidade de Equilíbrio, para milho (amarelo), arroz em casca, feijão preto, amendoim e soja, a diferentes temperaturas e umidades relativas.

Com arroz sem casca, de variedades equatorianas e sileiras, usando soluções de ácido sulfúrico, foram determinadas as curvas de umidade de equilíbrio (60).



### 2.3.2. Qualidade do grão

A qualidade do grão depende de uma série de fatores, como: característica da espécie e da variedade, condições ambientais durante o período de crescimento, tempo e modo de colheita, método de secagem e modo de armazenamento (7).

No entanto, o conceito de qualidade irá depender de seu uso. Assim, no processamento tecnológico é importante um alto rendimento em amido, óleo e outros subprodutos, além da facilidade de moagem. (7)

Para o comerciante de grãos interessam o baixo teor de umidade e impurezas, uma pequena quantidade de grãos quebrados e um elevado peso hectolitro.

Para a alimentação, o grão deve ter alto valor nutritivo e baixa incidência de mofo (7,3).

Os grãos são produtos vivos e depois de colhidos continuam o processo respiratório, ficando sujeitos a diversas transformações.

Em condições favoráveis (alta temperatura, umidade e presença de fungos associados a massa), a respiração é mais intensa, devido ao aumento da atividade metabólica dos grãos.

A taxa de respiração, indica a rapidez com que se produzem as mudanças na composição de um produto, constituindo-se em índice de deterioração. Com a quantificação da produção de CO<sub>2</sub>, pela respiração aeróbica dos grãos, pode-se avaliar a perda de matéria seca com uma boa precisão (56).

Steele et al. (56), definiram que os efeitos relativos da temperatura, umidade e dano mecânico, na proporção da deterioração não mudam significativamente ao nível de perda de matéria seca de 0.5%.

Os tempos máximos permitidos de armazenamento para milho e outros grãos, com diferentes porcentagens de dano mecânico e a várias umidades e temperaturas, podem ser determinadas com base na perda de matéria seca permitida de 0.5% (56).

Basicamente os fatores físicos (temperatura e umidade) e biológicos (roedores, insetos, fungos e ácaros), são os mais importantes na deterioração das matérias primas agrícolas durante a estocagem.

Insetos como Sitophilus oryzae (L), Sitophilus zeamais Motschulsky, Sitotroga cereallela(L), Sitophilus granarius (L), foram identificados como infestações comuns que reduzem a qualidade e a quantidade dos grãos estocados (52,30).

Recentemente os fungos foram reconhecidos como a maior causa de deterioração em grãos e sementes armazenados (11,54).

Uma umidade superior a 13%, faz com que o arroz e milho (37), fiquem altamente susceptíveis ao ataque de fungos, principalmente dos gêneros Aspergillus, Penicillium, Rhizopus e Mucor (24), sendo estes responsáveis pela produção de micotoxinas e desenvolvimento de odores indesejáveis (3,55).

Investigações indicam que as micotoxinas, que são produtos metabólicos tóxicos produzidos por fungos (5), são altamente prejudiciais durante o período de crescimento de perus, frangos e bezerros (20), quando alimentados com produtos contaminados por esses fungos.

Leite proveniente de vacas alimentadas com farelo de amendoim contendo toxinas, submetido a análise cromatográfica, revela a presença de aflatoxina, tendo-se observado, também, lesões hepáticas em patinhos alimentados com esse leite (39).

As aflatoxinas são metabólitos extremamente tóxicos, produzidos pelo grupo A. flavus (36,45) e representam grande perigo para a saúde humana (53).

As principais condições que favorecem o desenvolvi-

mento dos fungos no armazenamento são: umidade do grão armazenado, temperatura, período em que o grão é armazenado, nível de infestação de fungos antes do armazenamento, quantidade de impurezas presentes no grão e ataque de insetos e ácaros (12).

Para evitar a ação da microflora nos grãos armazenados, é necessário manter o teor de umidade, temperatura e taxa de oxigênio a níveis desfavoráveis para o desenvolvimento desses microorganismos (46).

Qassem e Cristensem (12), trabalhando com amostras de milho armazenado em laboratório, com umidades de 16 a 18% e temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25°C, verificaram que a determinada umidade, o ataque de fungos nos grãos, diminuía a porcentagem de germinação e que a porcentagem de grãos descoloridos era proporcional a umidade, temperatura, tempo e grau de contaminação dos fungos no começo dos testes.

Com uma umidade relativa do ar de 75%, a maioria dos cereais apresenta um teor de umidade entre 14 e 15%. Com este teor de umidade, os esporos de diversas espécies de fungos, presentes nos grãos, germinam e se desenvolvem, acelerando o processo à medida que a temperatura ultrapassa 25°C (38, 46).

Altas umidades relativas do ambiente de armazenamento levam os grãos ao emboloramento antes que estes equilibrem sua umidade com a do ambiente (42).

É necessário logo após a colheita secar os grãos, ao nível recomendado para estocagem segura, a fim de controlar o desenvolvimento de fungos e aflatoxina (25). A secagem posterior não afeta o teor de aflatoxina já produzida pelo fungo, pois ela resiste às condições de secagem e até mesmo ao processo de torração (45).

A aplicação de produtos químicos no controle da aflatoxina foi intensamente investigada, mas nenhuma aplicação prática é evidente (23).

A prevenção é a primeira e a melhor medida, onde o controle da umidade é crucial. Ainda deve ser enfatizado que, antes da secagem ao nível recomendado para uma estocagem segura, é necessário fazer uma limpeza dos grãos (25).

O valor nutritivo dos grãos pode sofrer alterações, sem um adequado armazenamento (20). O valor das proteínas de alguns grãos, como soja, milho e trigo é consideravelmente prejudicado pelo tempo de estocagem (55).

Resultados obtidos em investigações mostraram um au-

mento nos ácidos graxos livres no arroz integral (29) e nos grãos de oleaginosas, como os da soja (25,51), com altos níveis de temperatura e umidade. O teor de ácidos graxos livres constitui um índice de deterioração dos grãos armazenados (46).

Koch e Meyer In (11), usando alimentação em animais grandes, concluíram que normalmente o armazenamento em condições adequadas de secagem, não muda o grão como fonte de energia ou de proteína.

### 2.3.3. Secagem de Grãos

Quando os grãos contem ao redor de 30% de umidade, considera-se que estão fisiologicamente maduros. Depois de chegar a esse estado é necessário fazê-los perder água para poder armazená-los e evitar sua deterioração (21).

A secagem pode ser feita:

a) Naturalmente, pela exposição ao sol da planta (que pode estar em pé ou cortada) ou em terreiros; sendo a mais utilizada nos países em desenvolvimento.

b) Artificialmente. 1. Em silos de armazenamento, so-

prando o ar sem aquecimento, ou aquecendo o ar no máximo a  $10^{\circ}\text{C}$ . Ou ainda, usando elevadas temperaturas e altos volumes de ar aquecido. 2. Em secadores verticais, com fluxo do grão, conhecidos como de torre.

Estes secadores verticais podem ser automáticos, contínuos ou intermitentes, nos quais o ar aquecido e os grãos podem estar em corrente paralela, em contra corrente ou se cruzar perpendicularmente (7).

Teoricamente, usando a secagem de corrente cruzada nos secadores de torre, o ar quente passa com características constantes do início ao fim da secagem (35) através de uma camada estática de grãos. O ar seco absorve a umidade do grão (28). Este tipo de secador assegura um íntimo contacto entre o ar e o grão, por meio dos canais de entrada e saída do ar colocado em forma de escada (49).

Experiências indicam que a velocidade de secagem é maior para uma umidade inicial alta. Assim, quando o teor de umidade dos grãos atinge níveis próximos ao teor de umidade de equilíbrio higroscópico, a secagem se processa lentamente, até atingir o equilíbrio (35).

Além disso, a duração da secagem diminui quando a temperatura do ar quente aumenta, entretanto, não há propor-

cionalidade entre estes dois parâmetros (35).

Villalobos (58), recomenda usar temperaturas e umidades baixas na secagem de sementes de soja para prevenir quebras nos grãos, facilitando a penetração e o ataque da microflora durante o armazenamento.

#### 2.3.4. Níveis Máximos de Teor de Umidade dos Grãos para o Armazenamento

A deterioração dos grãos, é um fenômeno irreversível, e as boas técnicas de armazenamento limitam-se apenas a evitar que a deterioração progrida.

Um grão sadio, com 11% de umidade, armazenado a temperaturas não superiores a 15<sup>o</sup>C, mantém suas características alimentícias (49).

Puzzi (46), indica que vários autores recomendam que, com 13% de umidade para o milho, 12% para o arroz em casca e 11% para a soja, estes grãos poderão manter suas qualidades por um longo período de armazenamento.

Outros autores (30,49,51) concordam com essas recomendações e sugerem que os níveis máximos de umidade dos grãos para serem armazenados, sem perigo de deterioração, sejam de



12% para o arroz em casca, 13% para o milho e 11% para a soja.

Para que a soja conserve suas propriedades de vigor e germinação, Popinings (44), afirma que esta oleaginosa deverá ser seca e armazenada a 11% de umidade.

Trabalhos feitos em laboratório, (12) com amostras de trigo tiradas de silos, mostraram que o teor máximo de umidade para evitar o desenvolvimento de fungos do gênero Aspergillus e a consequente deterioração dos grãos, é de 13.2% de umidade.

Tomando como critério de deterioração 0.5% de perda de matéria seca, tem-se elaborado curvas (21) hoje consideradas como a informação mais completa da deterioração industrial de milho (47) e outros grãos. Essas curvas mostraram a relação entre o conteúdo de umidade, a temperatura do grão e o tempo máximo permissível de armazenamento para cada condição.

#### 2.3.5. Eficiência de Secadores de Grãos

Normalmente, no comércio quando é vendido um sistema de secagem de grãos, a sua eficiência, é dada como a capacidade de secagem por unidade de tempo, para reduzir uma quan-

tidade fixa de umidade do grão (geralmente de 10 a 15%). Se o equipamento é usado para retirar quantidades maiores de umidade, a capacidade se reduz consideravelmente.

As informações fornecidas pelos fabricantes de tais equipamentos, não concorda com a variação da capacidade em relação a umidade inicial dos grãos.

Os estudos experimentais de eficiência dos secadores de grãos são muito complexos, devido a que vários são os fatores que afetam o desempenho destes secadores, como umidade final e inicial, temperatura do grão, resistência ao fluxo do ar através do grão, umidade e temperatura ambientes, tipo de ventilador, seleção do queimador, dutos e outros (33).

No entanto, considerando algumas das variáveis citadas, através de fórmulas matemáticas, é possível calcular a eficiência de um secador (48).

É importante fazer a verificação da eficiência real dos secadores, para programar corretamente o fluxo da secagem.

#### 2.3.6. Custos de Secagem

Com a secagem de grãos, diminui-se o seu conteúdo de

água, obtendo um teor final de umidade desejado. Este é o valor máximo que assegura a qualidade do produto estocado, por tempos pré-determinados.

De forma geral, a secagem é o processamento mais econômico para manter a qualidade dos produtos agropecuários armazenados (35,40).

A secagem artificial permite baixar rapidamente o teor de água dos produtos agrícolas colhidos úmidos, independentemente das condições climáticas regionais.

Devido ao ingresso de grandes volumes de grãos, numa rede de silos subterminal, utilizam-se secadores contínuos de grande capacidade (18) por unidade de tempo.

Visando a parte econômica, vários autores (4,33,43) estudaram o gasto de energia e desempenho destes secadores, e concluíram que com o uso de elevadas temperaturas do ar aquecido, o consumo de combustível é grande.

Computando-se os custos fixos e operacionais (28,59), os custos totais de secagem das matérias primas agrícolas, podem ser altos, se comparados com os preços pagos ao agricultor, dependendo do produto (40).

Este é um dos motivos principais, que se faz necessári

rio o estudo de custos de secagem, além da fixação de tarifas para o uso destes serviços, tanto em empresas estatais, como em privadas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. MATERIAIS

Três tipos de grãos foram utilizados como matéria prima neste trabalho: arroz em casca (*Oriza sativa*, L), milho duro amarelo (*Zea mays*, L), e soja (*Glycine max*, L).

O material apresentava-se bem heterogêneo quanto a variedades e qualidades, possuindo em torno de 3% de impurezas.

Foram tomadas amostras representativas de três quilogramas de cada tipo de grão, dos silos da Empresa Nacional de Armazenamento do Equador (ENAC).

Para determinação das Curvas de Umidade de Equilíbrio, foram usadas soluções de ácido sulfúrico. O reagente usado para este propósito era p.a., com densidade igual a 1.84.

#### 3.2. MÉTODOS

Cada produto foi acondicionado em cadinhos de alumínio, com três repetições e colocados em dessecadores contendo

do ácido sulfúrico, para o controle da umidade relativa (22).

As umidades relativas usadas variaram de 10 a 90%, - com intervalos de 10%.

Para os diferentes produtos determinou-se primeiramente a umidade, com base nas recomendações da A.A.C.C. (1).

No interior dos dessecadores que constituíam os ambientes controlados, foram colocadas as amostras, com três repetições para cada tipo de produto.

A temperatura ambiente foi registrada por um termohidrógrafo.

O peso das amostras foi calculado cada 8 dias. Ao atingir o equilíbrio, a umidade final foi calculada, para os três produtos.

Com esses dados, construiu-se a curva de umidade de equilíbrio, em função da umidade relativa do ambiente.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. UMIDADE DE EQUILÍBRIO

A umidade inicial do arroz era 13.2%, do milho 14.3%, e da soja 11.9%, em base úmida.

Tabela 7 - Resultados da Umidade de Equilíbrio. Base Úmida

Umidade de Equilíbrio			
U.R. %	Milho	Arroz	Soja
10	3.71	3.73	2.84
20	5.93	5.16	4.60
30	7.64	6.74	4.62
40	8.51	7.89	6.45
50	10.02	9.09	7.21
60	11.58	10.16	9.54
70	12.32	10.69	10.34
80	14.21	12.62	13.44
90	16.97	15.12	19.02

A temperatura média durante o experimento foi de  $26 \pm 4^{\circ}\text{C}$ , calculada com base nos gráficos registrados pelo termohidrógrafo.

Nos gráficos 1,2,3, encontra-se a umidade de equilíbrio do arroz, milho e soja, em função do ambiente.

As umidades de equilíbrio para o arroz, são menores em torno de 10% em média, que as apresentadas por Kososki (34).

Os valores obtidos para o milho, são também menores em torno de 10% em média, que as apresentadas por Kososky (34) e os de Bresse (6).

As umidades de equilíbrio obtidas para a soja, são muito próximas às conseguidas por Jorge (31), excluindo as duas umidades relativas mais altas, 80% e 90%, que são menores que as apresentadas por Alan e Shove (2), exceto as umidades relativas de 20% e 30%.

Dos Gráficos 4 ao 10, encontramos para cada um dos oito lugares onde estão localizadas as plantas de armazenagem, que compõem a Rede de Silos, a umidade de equilíbrio de cada produto, com as diferentes umidades relativas e temperaturas ambientes nos doze meses do ano.

As umidades relativas e temperaturas ambientes, dos lugares selecionados, para cada mês, é uma média de uma série histórica de cinco anos e encontra-se no Anexo 1.



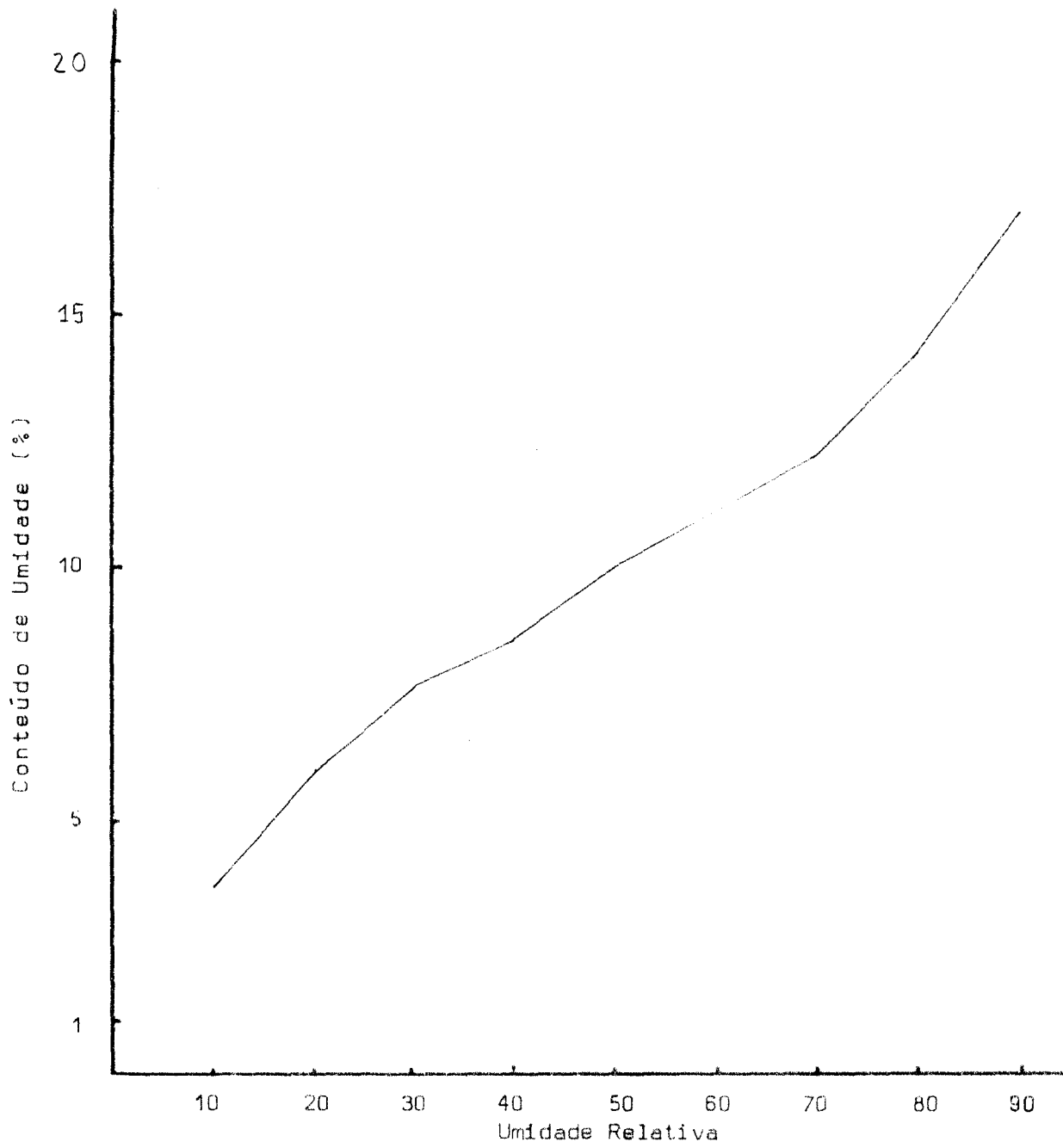


GRÁFICO 1

Umidade de Equilíbrio do Arroz

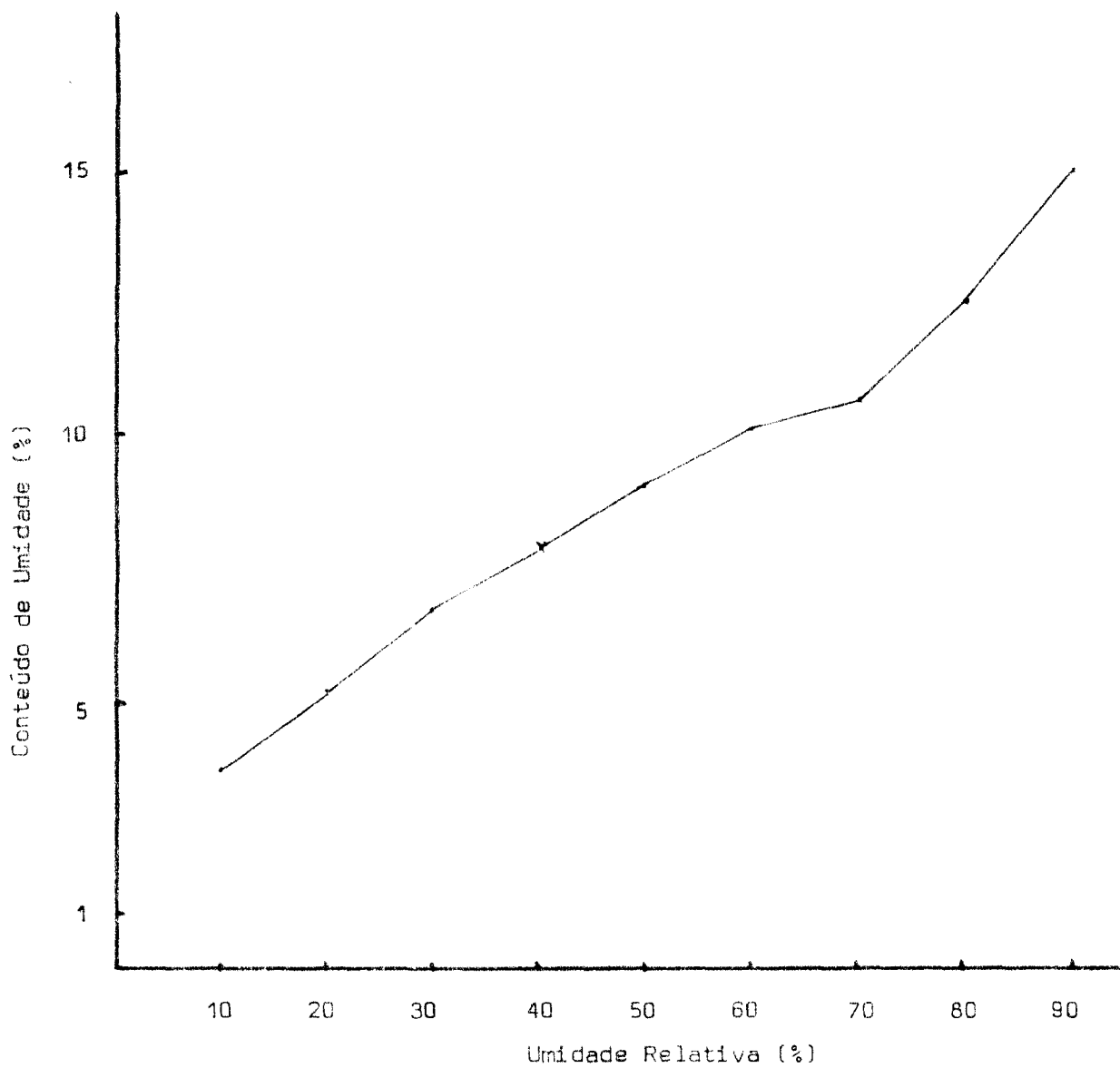


GRÁFICO 2

Curva de Umidade de Equilíbrio de Milho

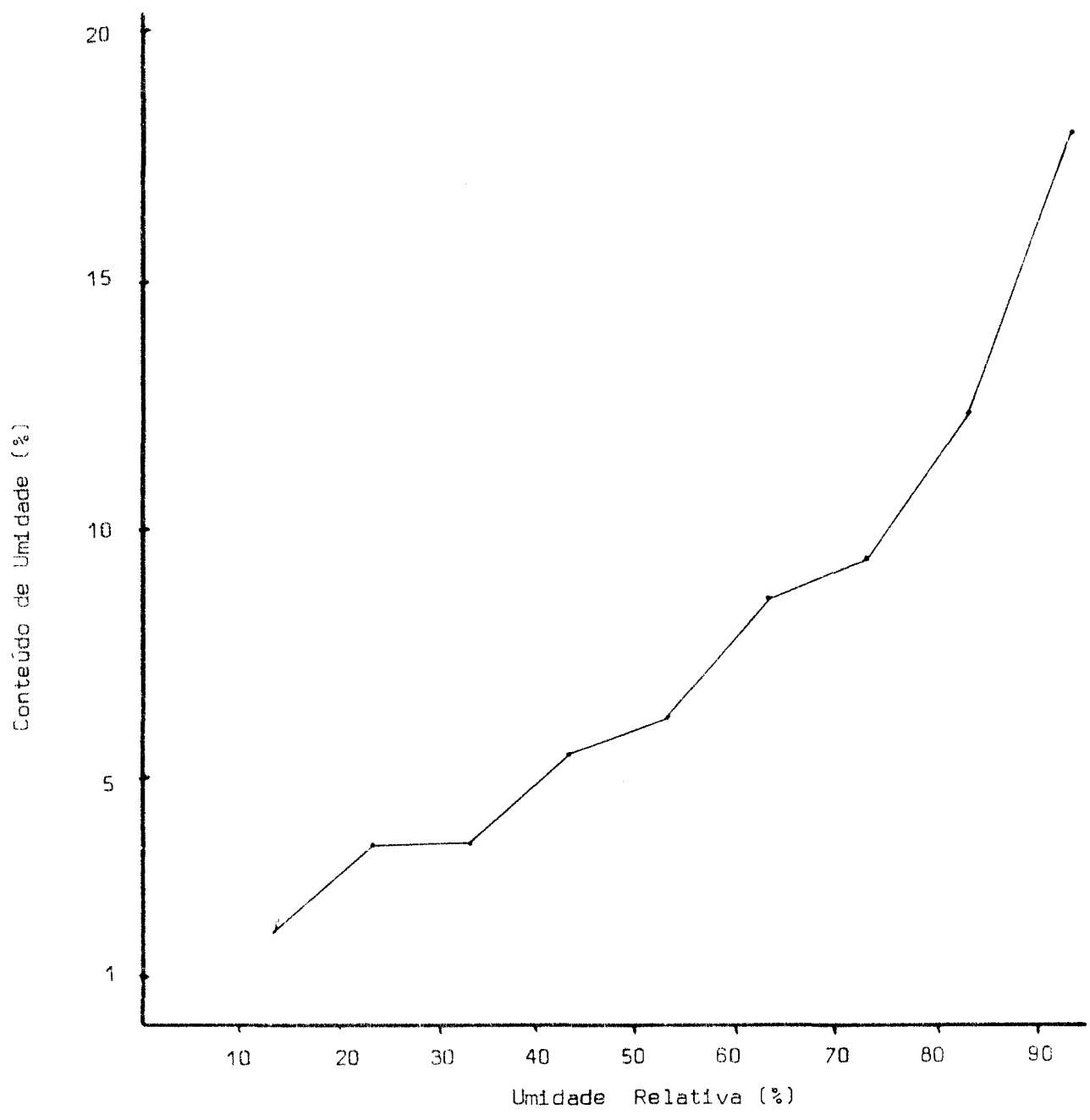


GRÁFICO 3  
Umidade de Equilíbrio da Soja

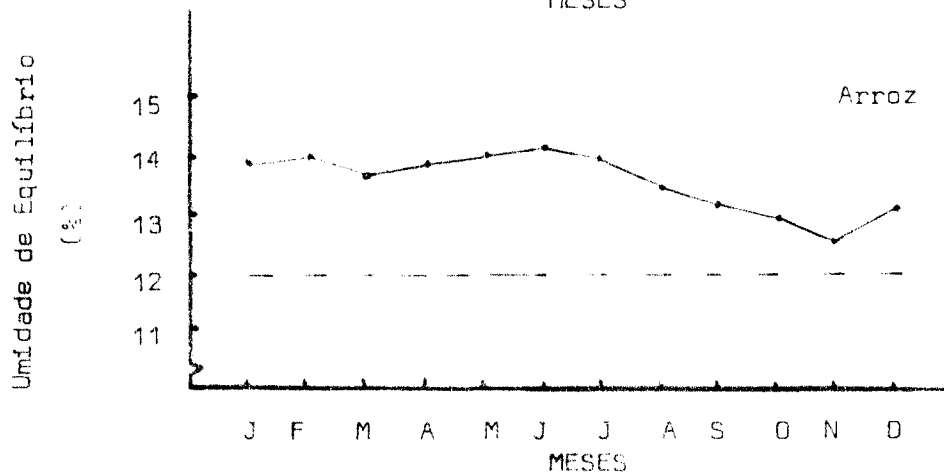
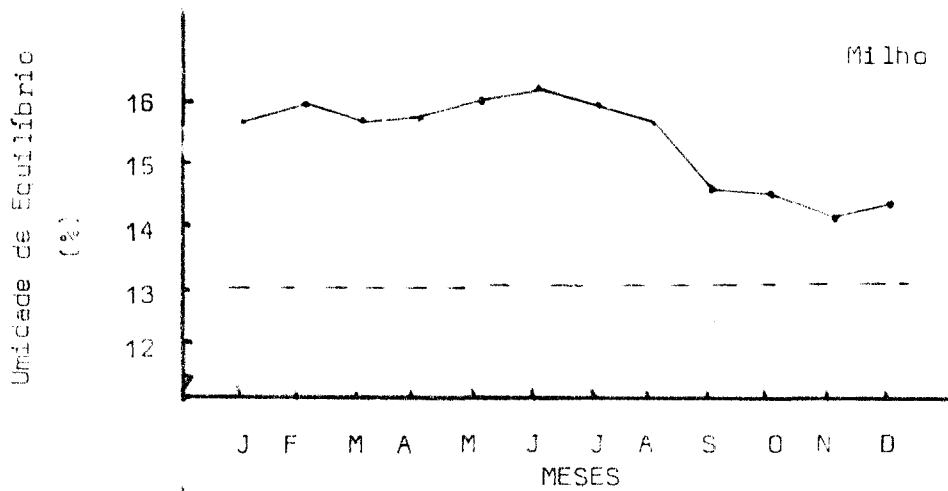
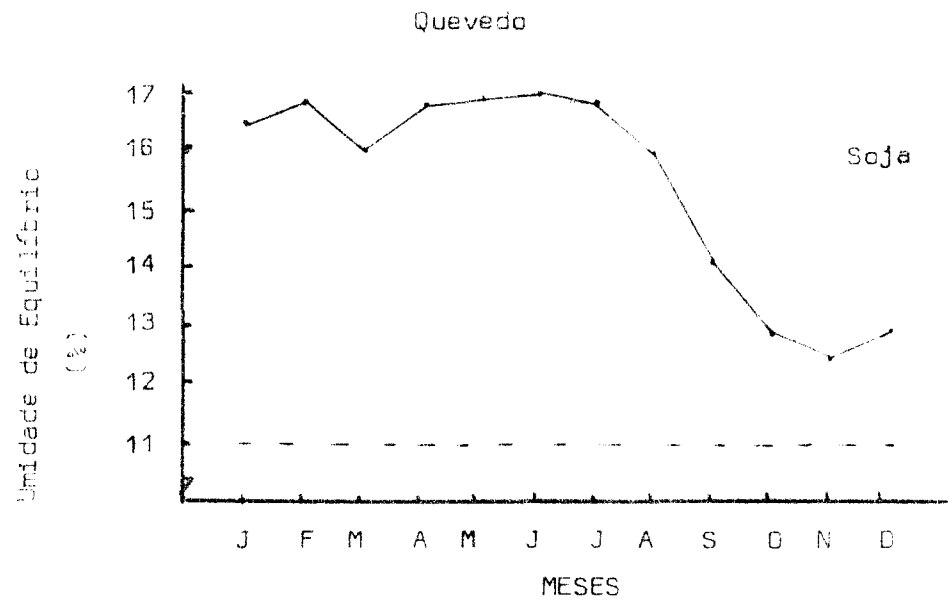


GRÁFICO 4

Variação da Unidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente

ESMERALDAS

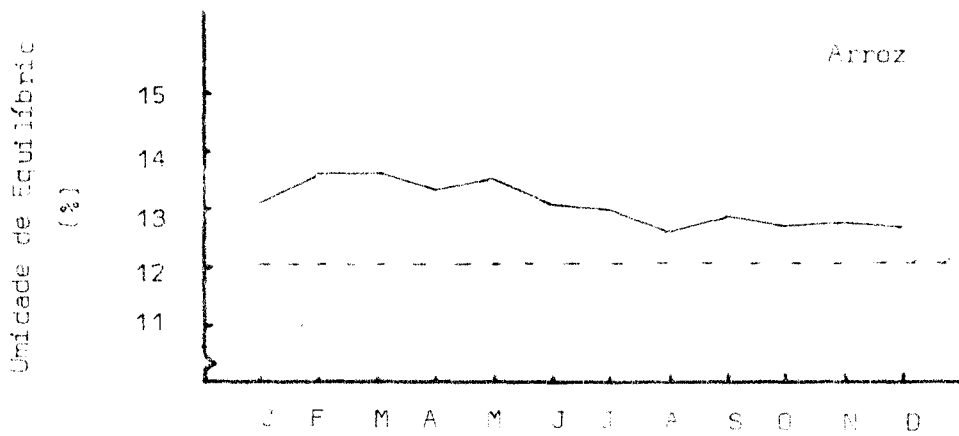
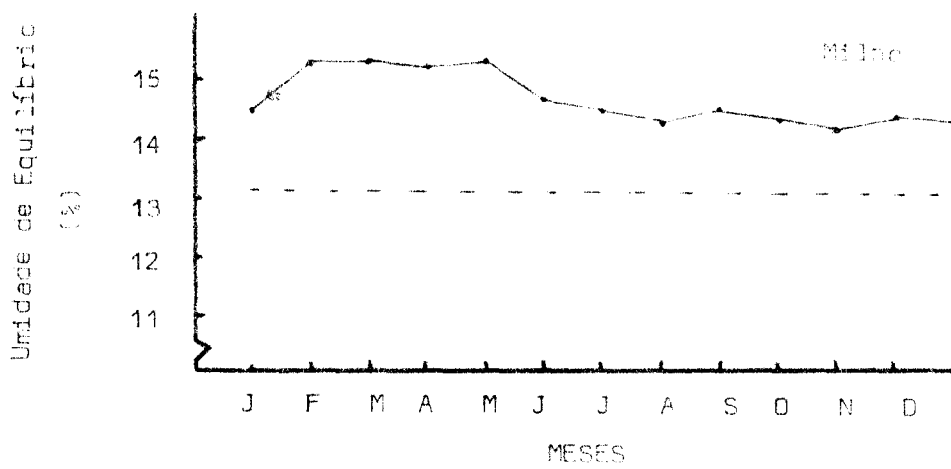
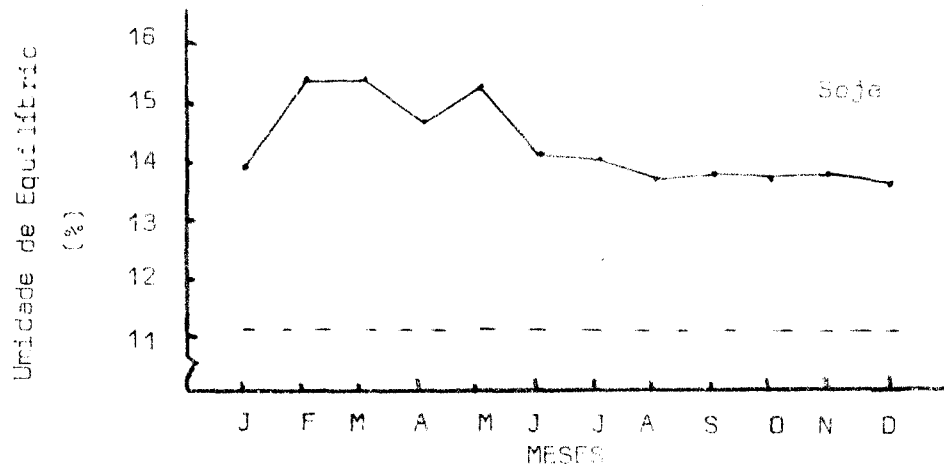


GRÁFICO 5

Variação de Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente

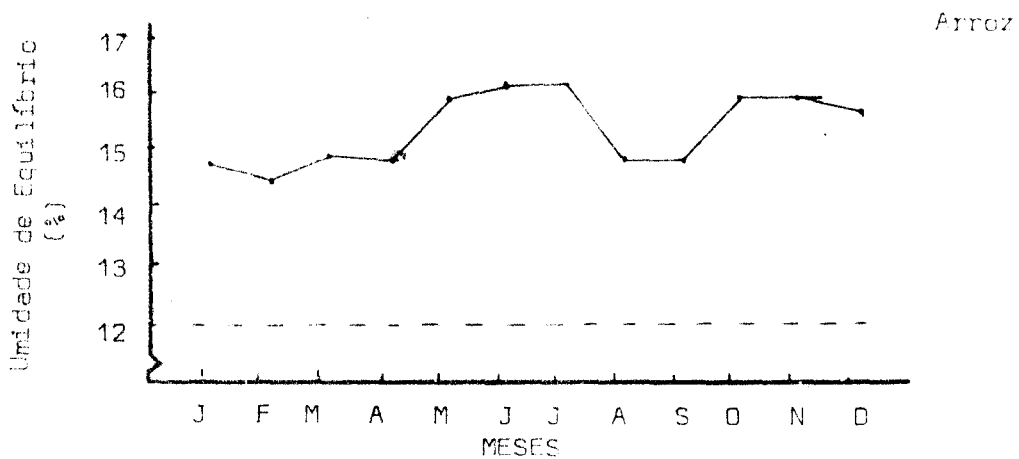
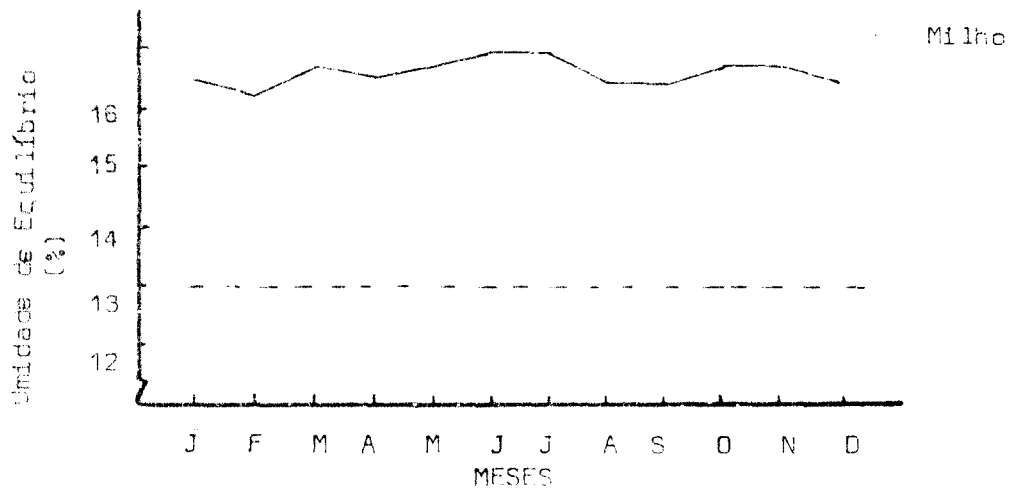
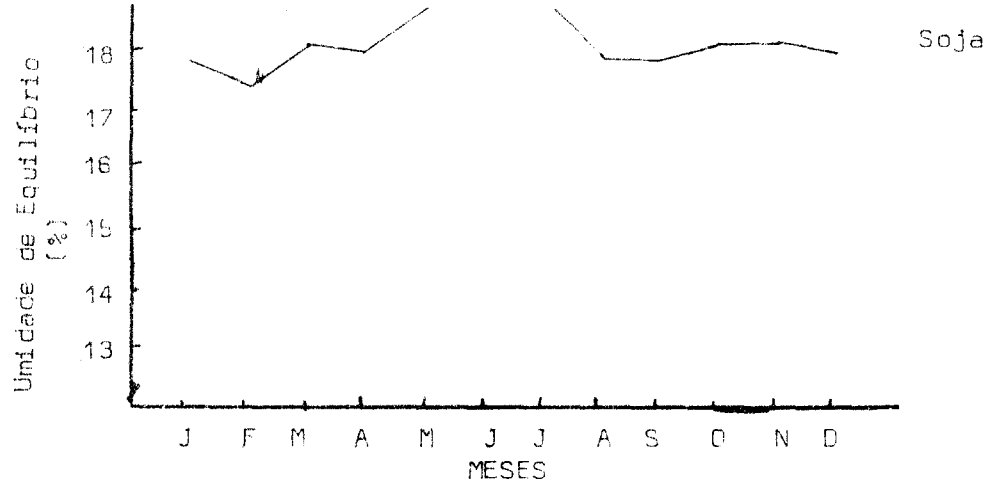


GRÁFICO 6

Variação de Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente

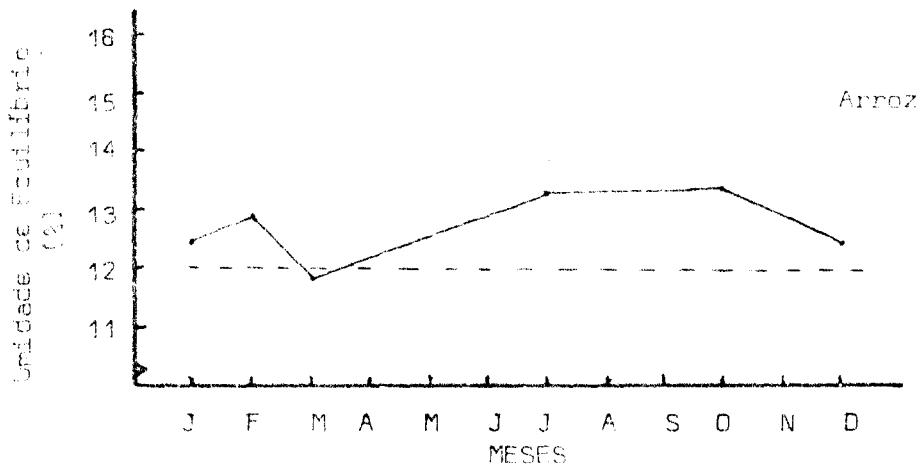
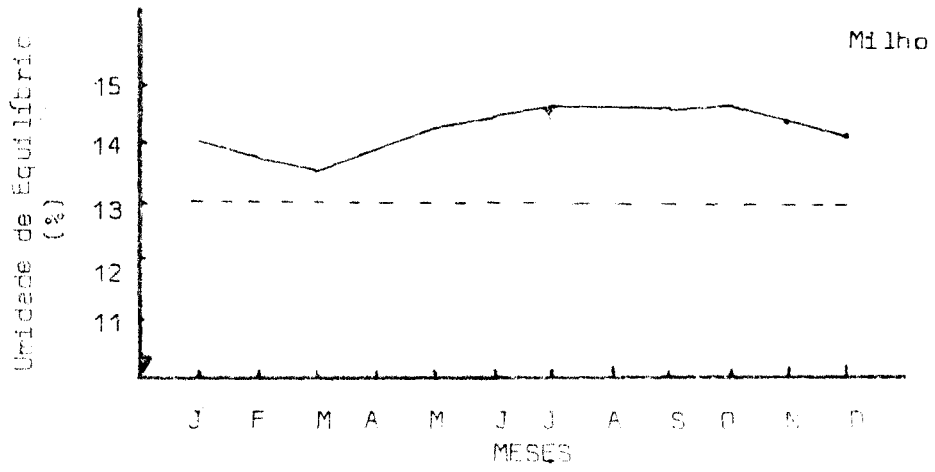
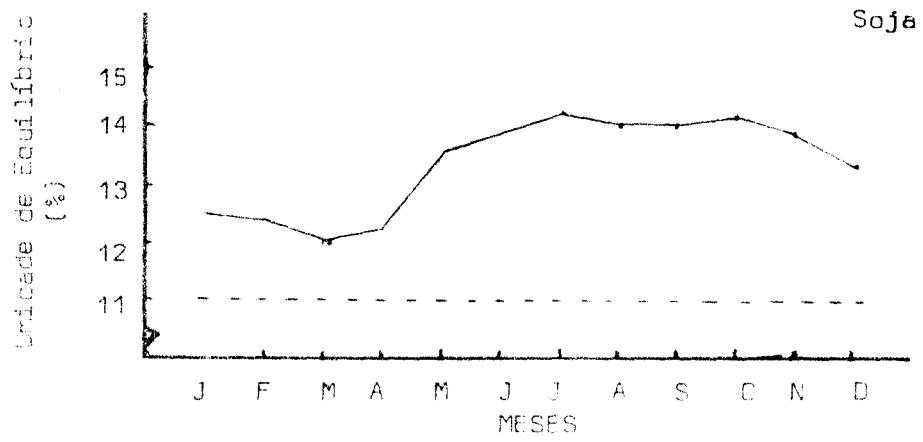


GRÁFICO 7

Variação da Unidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente

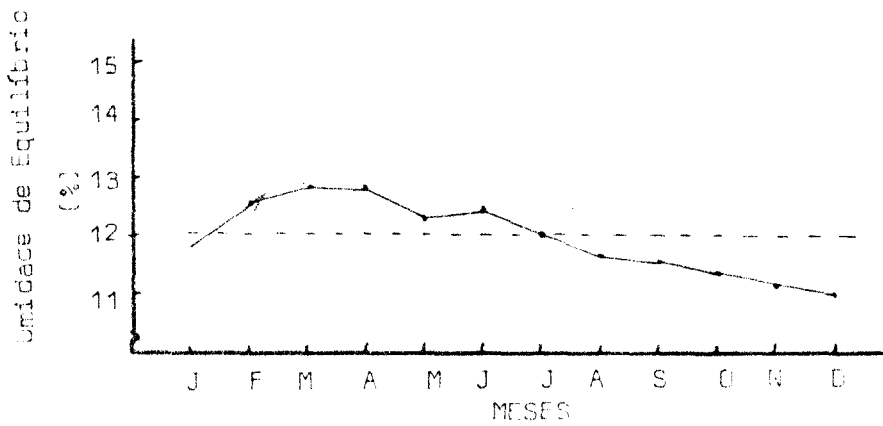
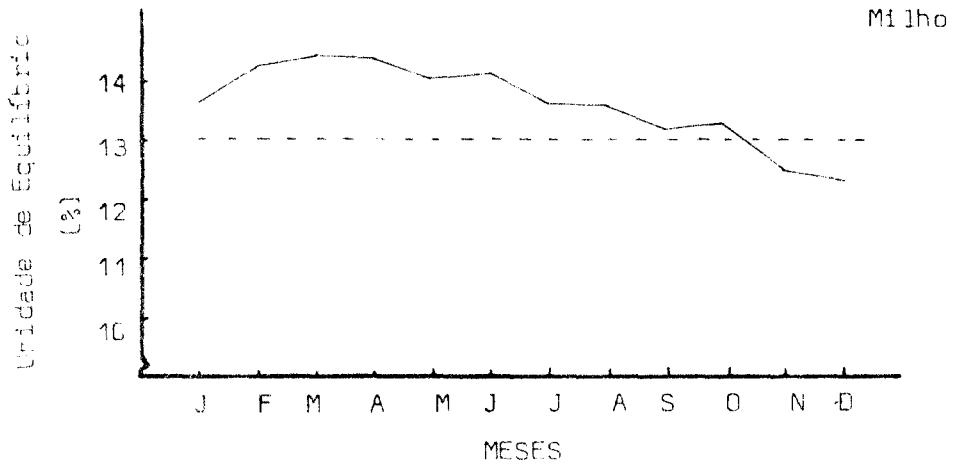
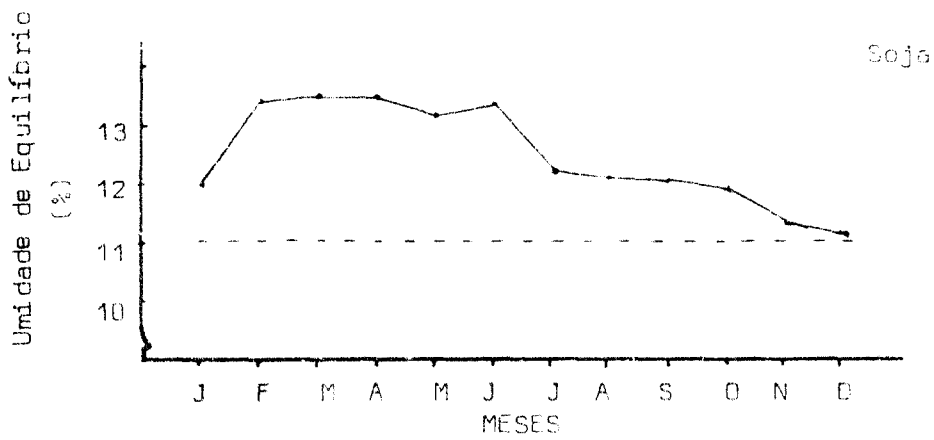


GRÁFICO 8

Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente



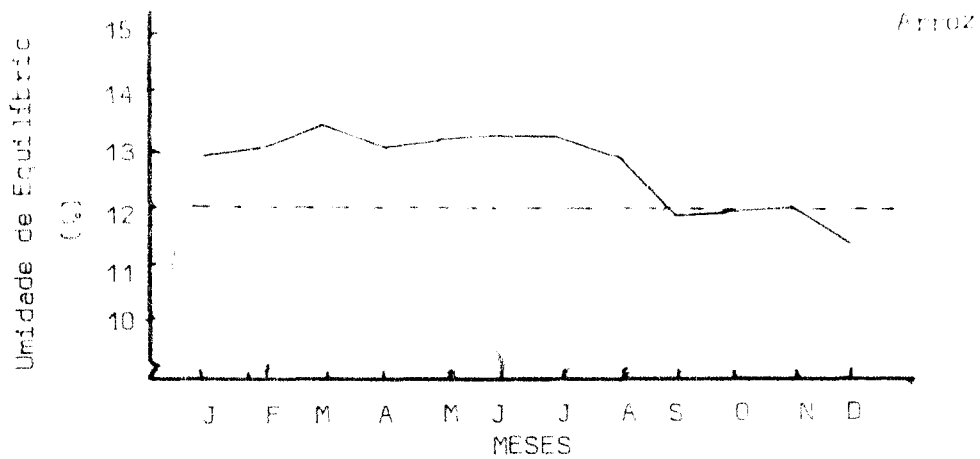
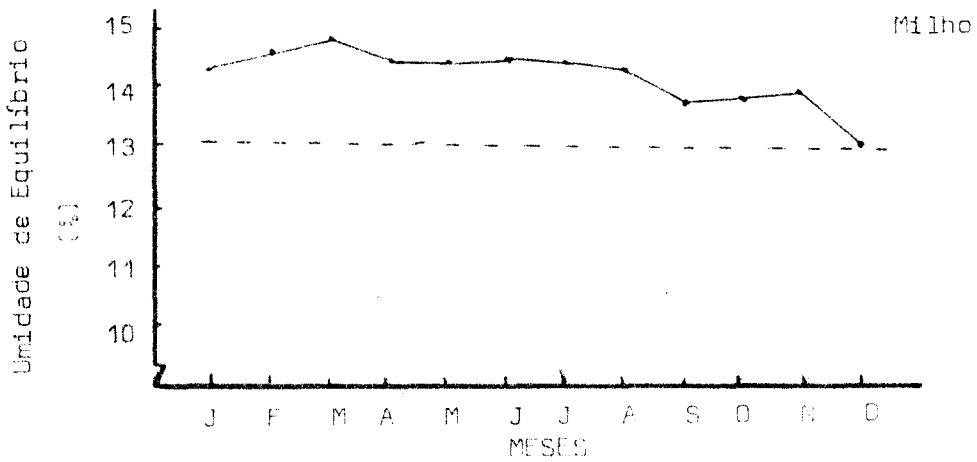
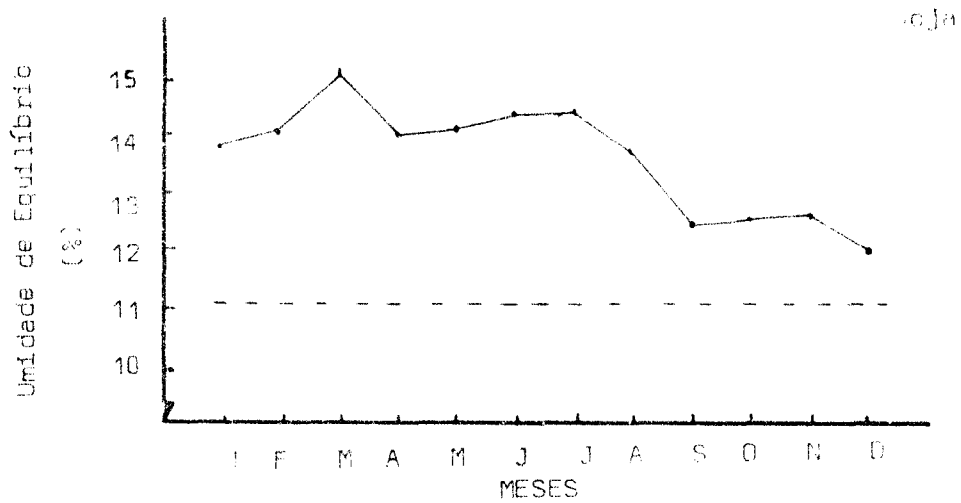


GRÁFICO 9

Variação da Umidade de Equilíbrio em Função das Condições do Ambiente

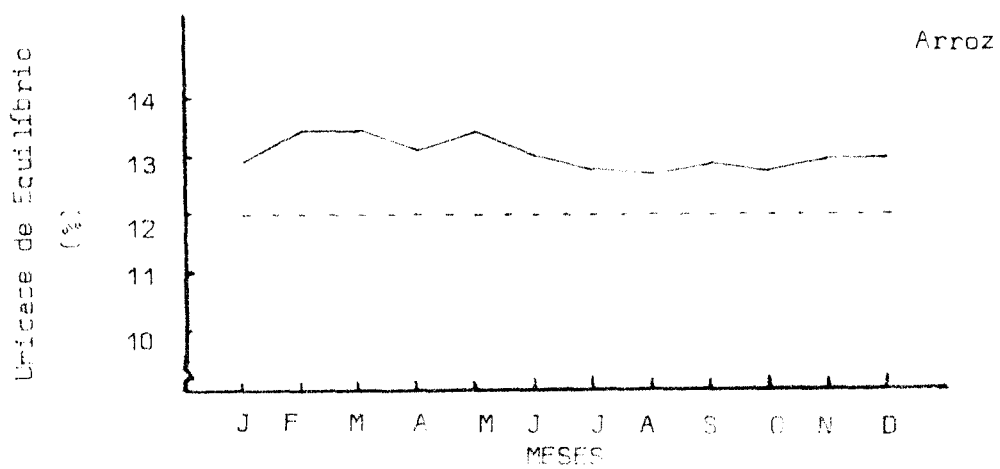
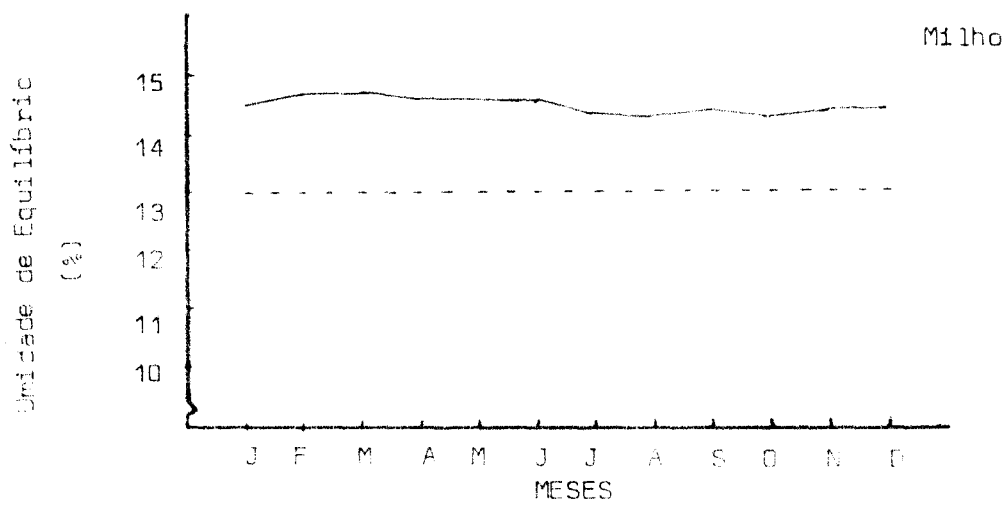
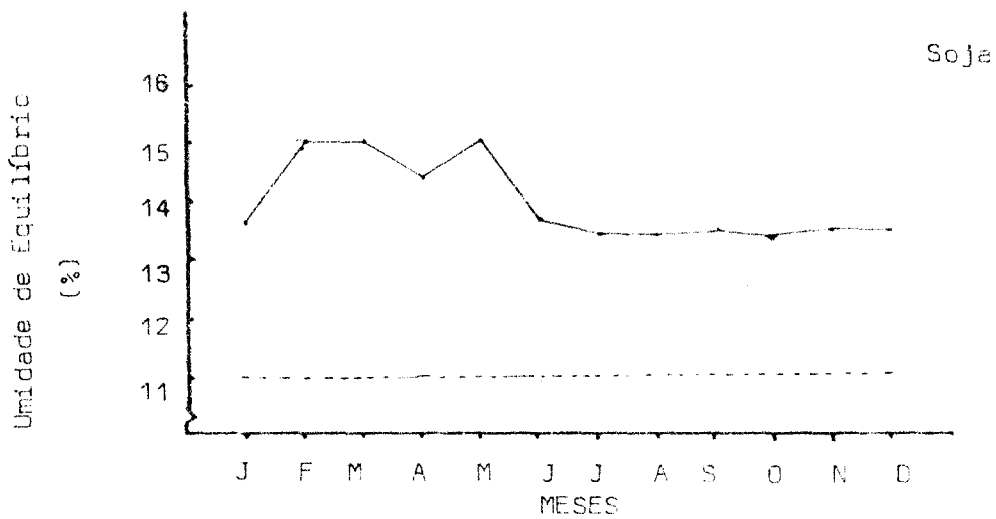


GRÁFICO 10

Variação da Unidade de Equilíbrio em função das Condições de Ambiente

O período de colheita de maior volume dos três produtos, corresponde aos meses de maio a julho, e que em alguns lugares coincide com os meses de umidade relativa elevada, acima de 80%, como é o caso de Tosagua, El Carmen, Ventanas e Quevedo, principalmente. Nestas cidades, precauções devem ser tomadas para evitar a deterioração do produto, observando-se as recomendações deste trabalho relacionadas com os tempos máximos permissíveis de armazenamento.

#### 4.2. CUSTOS DE SECAGEM

Sendo também um dos objetivos deste trabalho, a fixação da ordem de grandeza das tarifas de secagem, para que este serviço seja cobrado na Rede de Silos, foi calculado o custo de secagem por tonelada, para cada produto que se encontra nas tabelas 8,910, de acordo com a metodologia (59,49), fornecida na continuação.

O custo para a secagem da soja de 15% a 11% de umidade, é usado como exemplo, excluindo os custos de transporte do produto.

#### Características do secador

Marca: Aeroglide

Tabela 8 - Custo de Secagem para o Milho

UMIDADE FINAL	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	CAPACIDADE DO SECADOR	CUSTO ATUAL	ESTIMATIVA DO CUSTO
13%	1/t	t/h	Cr\$/t	1984 Cr\$/t
15	4.38	65	11.00	14.28
16	6.57	43	16.50	20.40
17	8.76	30	22.80	29.37
18	10.94	26	25.30	33.50
19	13.14	21	33.50	43.35
20	15.32	18	39.04	50.53
21	17.51	17	42.42	55.52
22	19.70	15	48.50	63.20
23	21.89	13	54.50	70.91
24	24.08	12	59.90	77.96
25	26.27	11	65.40	85.10

Tabela 9 - Custo de Secagem para o Arroz

UMIDADE FINAL	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	CAPACIDADE DO SECADOR	CUSTO ATUAL	ESTIMATIVA DO CUSTO
12%	l/t	t/h	Cr\$/t	1984 Cr\$/t
14	4.33	65	11.12	13.36
15	6.49	43	16.36	19.82
16	8.66	30	22.61	27.10
17	10.82	26	27.20	32.91
18	12.98	21	33.32	40.05
19	15.15	18	38.87	46.73
20	17.32	17	42.63	51.82
21	19.48	15	47.66	57.97
22	21.65	13	54.50	65.84
23	23.80	12	59.60	72.05
24	25.97	11	65.00	78.58
25	28.14	10	71.00	85.70

Tabela 10 - Custo de Secagem para a Soja

UMIDADE FINAL	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	CAPACIDADE DO SECADOR	CUSTO ATUAL	ESTIMATIVA DO CUSTO
11%	l/t	t/h	Cr\$/t	1984 Cr\$/t
13	4.28	65	11.12	14.35
14	6.24	43	16.05	20.73
15	8.56	30	22.00	28.92
16	10.70	26	28.60	36.62
17	12.84	21	33.00	42.63
18	14.98	18	38.70	49.93
19	17.12	17	42.40	55.20
20	19.26	15	47.80	62.24
21	21.40	13	54.35	70.37
22	23.54	12	59.20	76.85
23	25.68	11	64.60	83.86
24	27.82	10	70.67	91.73
25	29.96	9	77.41	99.88

Tipo: Contrafluxo (L.S.U.)

Capacidade Nominal de Secagem: 30 t/h

Tipo do Ventilador: Centrífugo

Tipo de Combustível: Óleo diesel

Potência do Motor do Ventilador: 50 Hp

Preço do secador, instalado: U.S.\$ 70.000.00

I. Custos Fixos

1. Depreciação

Custo inicial: Cr\$ 1.750.000,00

Vida Útil: 20 anos

Depreciação:  $1.750.000,00/20 = \text{Cr\$ } 87.500,00/\text{ano}$

Depreciação por tonelada:  $\frac{87.500,00/\text{ano}}{36.000 \text{ t/ano}} = \text{Cr\$ } 2.43/\text{t}$

2. Manutenção

5% do custo inicial = Cr\$ 2.43/t

3. Juros

1% ao ano

Custo por tonelada = Cr\$ 2.92/t

Total custos fixos ..... Cr\$ 7.78/t

## II. Custos Operacionais

### 1. Energia Elétrica

Motor: 50 Hp

50 Hp = 37.35 Kw

Custo por tonelada =  $\frac{(37.35\text{Kw})(1\text{h})(\text{Cr}\$ 0.30 \text{ Kw/h})}{30 \text{ t}}$  = Cr\$ 0.37/t

### 2. Combustível

Consumo de óleo diesel: 8.5 l/t

Custo por tonelada: (8.5 l/t)(Cr\$ 1.00x1) = Cr\$ 8.50/t

### 3. Mão de Obra

3 homens = Cr\$ 62.00/h

Cr\$ 62.00 horas.homem/30 t = Cr\$ 2.00/t

Total custos operacionais .....Cr\$ 10.87/t

Imprevistos (20%) .....Cr\$ 3.70/t

Custos Totais .....Cr\$ 22.00/t

Nas tabelas 8,9,10, fornecem ainda uma estimativa do custo de secagem dos três produtos, para o ano de 1984, considerando um aumento mínimo anual de 15% no preço do combustível.

Como parte deste cálculo, verificou-se o gasto de combustível para secar cada um dos produtos, com uma umidade inicial de 25%, até a umidade final recomendada para cada um deles.



Usando a fórmula seguinte, calculou-se o gasto de combustível. Os resultados se encontram nas tabelas n<sup>o</sup>s 8,9 e 10.

$$V = \frac{M \cdot h}{N_c \cdot Q_{comb} \cdot \gamma_{esp}}$$

Além disto, foi calculada a capacidade do secador tipo torre (18), que será usado na Rede de Silos. Assim, encontramos que, diminuindo quatro pontos na umidade do grão, teremos a capacidade de secagem (toneladas por hora), dada pelo fabricante deste equipamento (18).

Observa-se na tabela 11 a porcentagem do custo da secagem, em relação ao custo do produto recebido pelo produtor. Estes custos são pequenos no Equador, se compararmos com os do Brasil (40,9) devido ao baixo preço do combustível.

#### 4.3. TEMPOS MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DE ARMAZENAMENTO

Pelas condições climáticas dos diferentes lugares onde serão estocados os três produtos, principalmente devido à alta umidade, foi necessário estimar o tempo máximo permissível de armazenamento, para os oito pontos da Rede de Silos. Estes tempos encontram-se na tabela 12.

Tabela 11 - Custo Comparativo entre os Preços Estimados e o Custo da Secagem

PRODUTO	PREÇO RECEBIDO		CUSTO DA SECAGEM		%	%
	PELOS PRODUTORES		Cr\$/t			
	Cr\$/t					
	EQUADOR	*BRASIL	EQUADOR	**BRASIL	EQUADOR	BRASIL
Arroz com casca	4.556	3.500	42,63	100	0.934	2,8
Milho	4.511	1.960	39,05	100	0.66	5,1
Soja	9.333	2.910	62,24	100	0.67	3,4

\* Meyer (40).

\*\* unicamente custo do combustível

Tabela 12 - Tempo Máximo Permissível de Armazenamento para Grãos

LOCAL	TEMPERATURA AMB. (°C)	UMIDADE DO GRÃO (%)	TEMPO M.PERM. DE ARMAZ. (DIAS)
EL CARMEN		25	5.6
		20	18.6
		15	161.0
PORTOVIEJO, VENTANAS E QUEVEDO		25	5.1
		20	17.6
		15	150.0
LA AVANZADA		25	4.6
		20	15.6
		15	135.0
ESMERALDAS		25	4.6
		20	15.0
		15	134.0
TOSAGUA		25	4.0
		20	13.7
		15	117.0

Os tempos máximos permissíveis foram calculados através da seguinte equação, dada por Steele, et al (54):

$$T = TR \times MT \times MU \times MD$$

onde:

T = é o tempo permissível, antes de passar ao nível de 0.5% de perda de matéria orgânica.

TR= é o tempo de referência (230 horas).

MT, MU e MD = são fatores de temperatura, umidade e danos mecânicos, que se obtém nos gráficos 11, 12 e 13.

As condições de temperatura e umidade foram tomadas dos dados climáticos de cada cidade. Considerou-se 30% de danos mecânicos (57), que é uma porcentagem de dano mecânico típica, principalmente em milho colhido com uma umidade de 28% (54).

Com a fórmula indicada a seguir, calculou-se a capacidade de secagem, e os resultados encontram-se nas tabelas 8, 9,10.

$$C = \frac{h_a \cdot M_a}{E_{ev}}$$

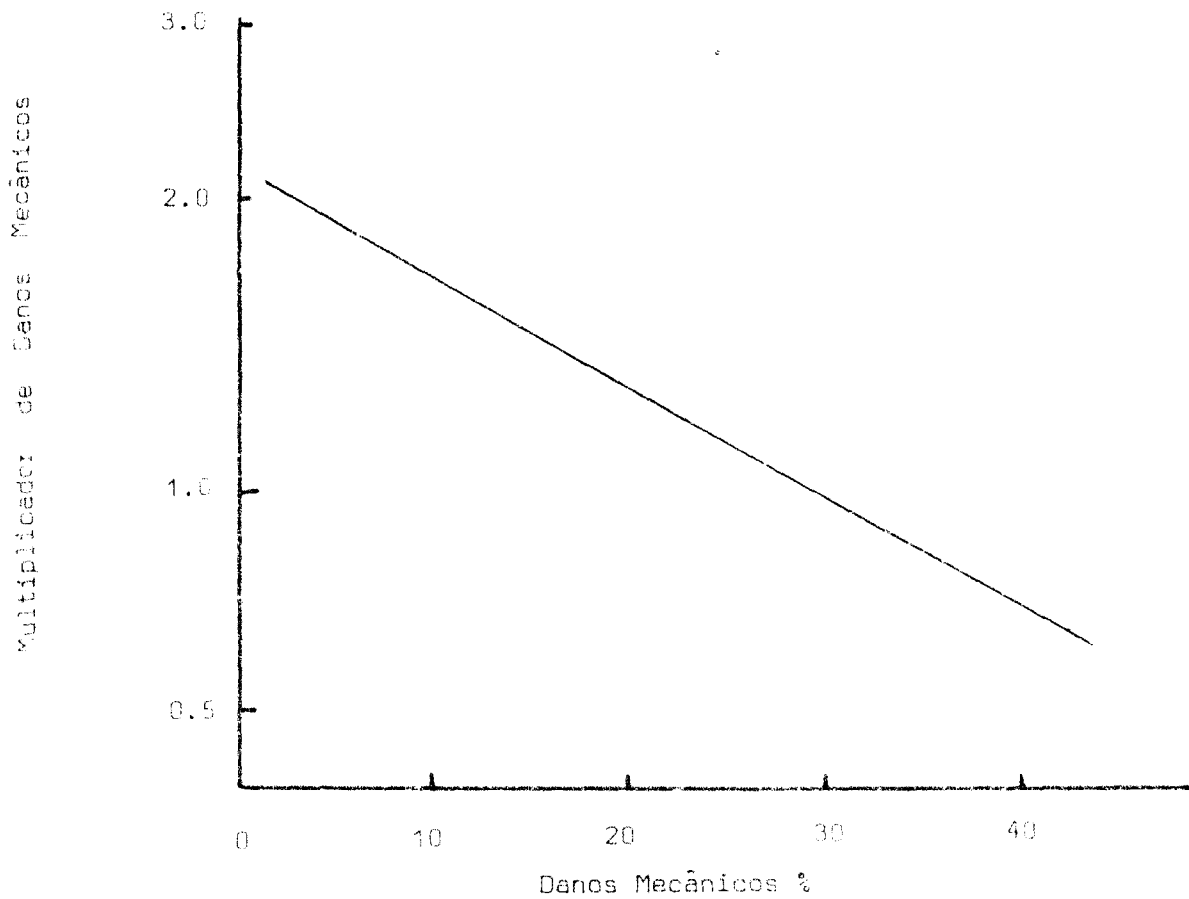


GRÁFICO 11

Multiplicador de Danos Mecânicos

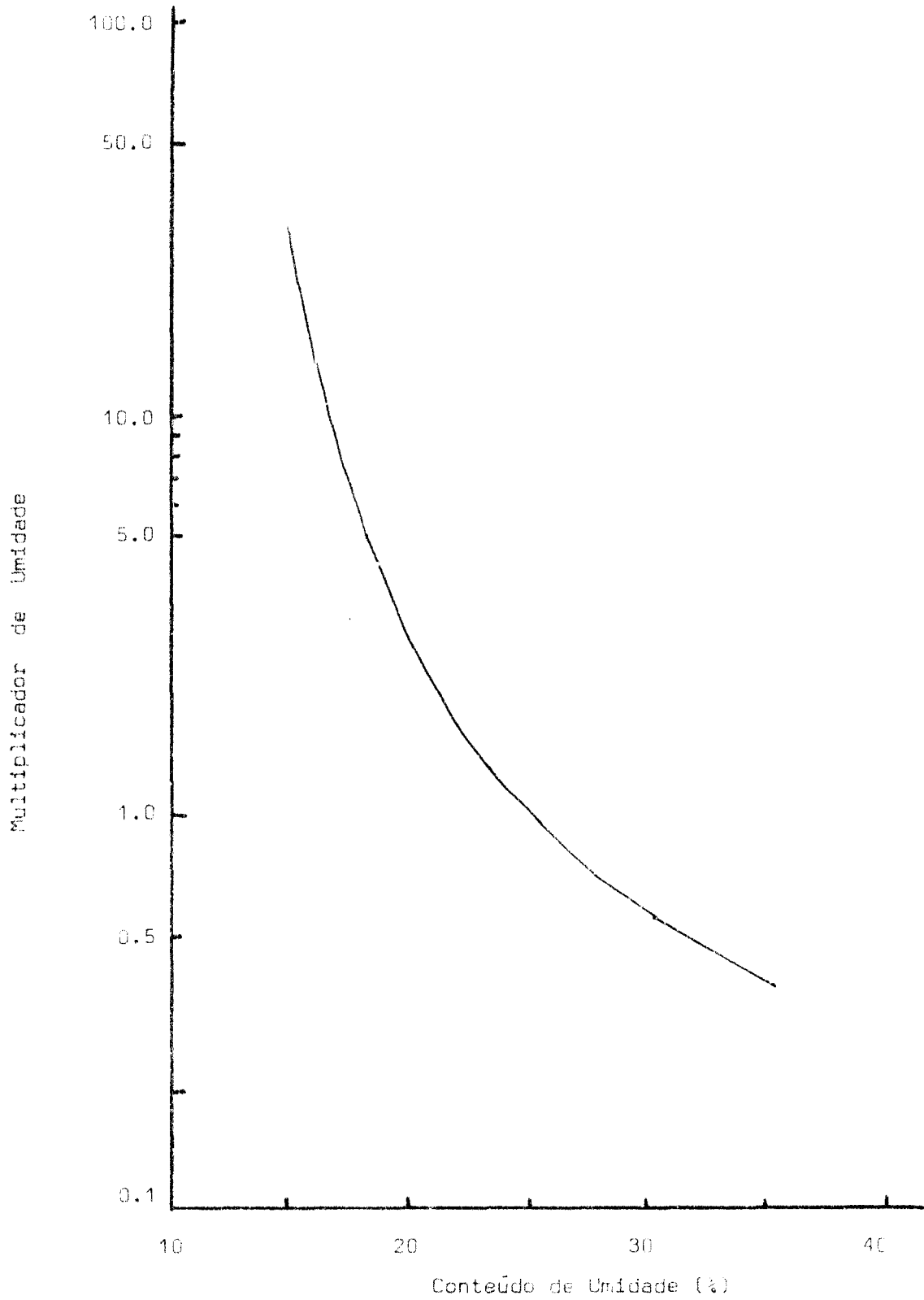


GRÁFICO 12

Multiplicador de Unidade

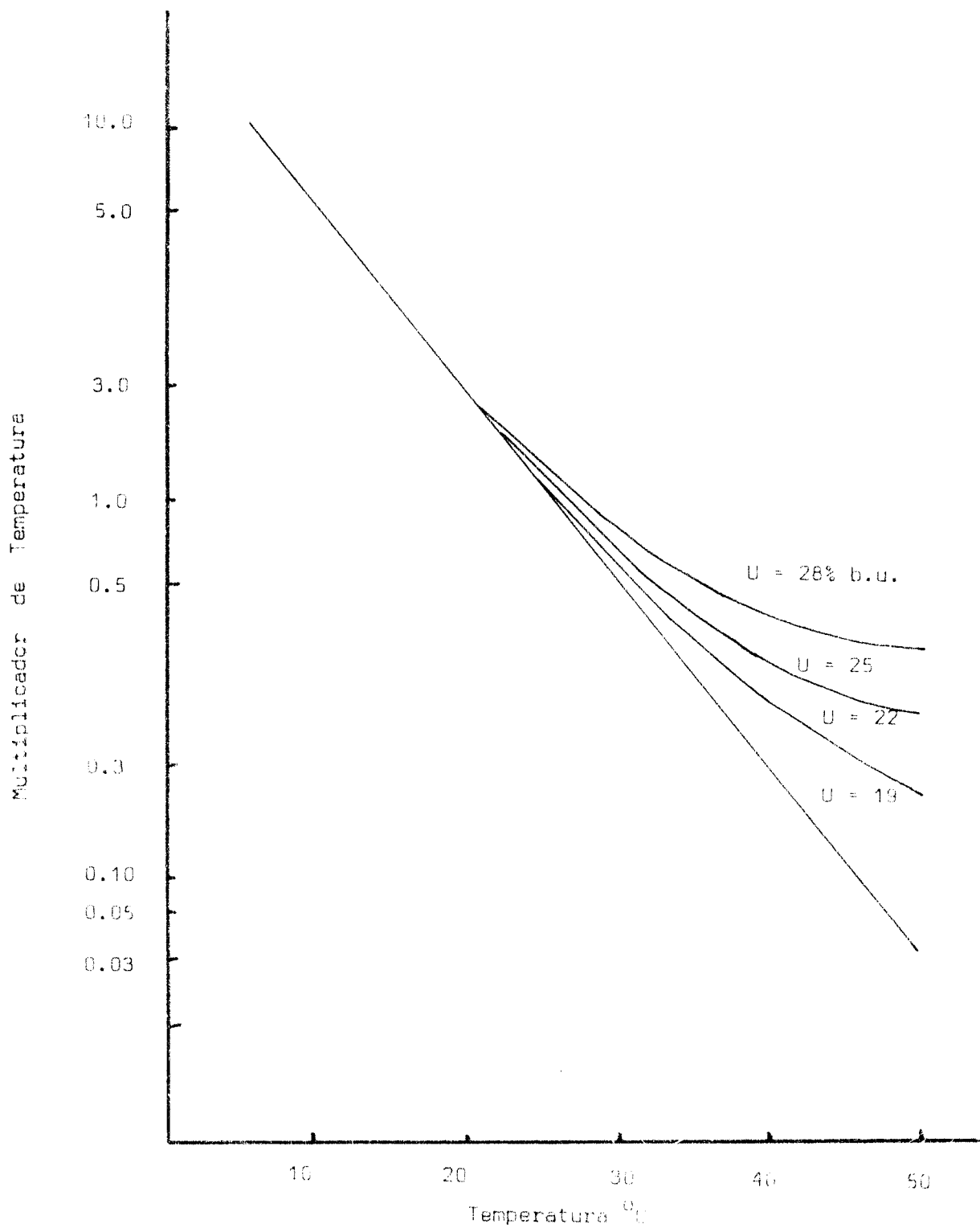


GRÁFICO 13

Multiplicador de Temperatura

Por exemplo, baixando a umidade de 17% a 13%, ou de 20% a 16%, no caso do arroz, obtém-se a capacidade indicada pelo fabricante, que é um dado importante na programação de secagem.



## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas condições de elaboração deste trabalho, apresentam-se as seguintes conclusões e recomendações:

1. Os resultados obtidos da curva de umidade de equilíbrio, para o arroz, milho e soja, de variedades equatorianas, mostraram-se coerentes com os citados na literatura para outras variedades.
2. Tendo em vista as variações das condições ambientais durante o ano, nos locais onde serão localizados os silos, existe ponderável variação da umidade de equilíbrio dos grãos armazenados.
3. Para a soja armazenada nos silos, da Rêde Equatoriana, em vista da umidade de equilíbrio ser superior a umidade segura de armazenamento, os seguintes meses são críticos, nos diferentes pontos da Rêde: Março, abril e maio em Daule; março, junho e julho em Ventanas; janeiro a outubro em Portoviejo; e durante o ano todo em El Carmen, Tosagua, La Avanzada, Esmeraldas e Quevedo.
4. Para o arroz armazenado, considerando que a umidade de equilíbrio é superior a umidade segura de armazenamento, os se-

guintes meses são críticos, nos diferentes pontos da Rêde: Março, abril e maio em Daule, de janeiro a novembro em Ventanas; de janeiro a agosto em Portoviejo; todos os meses do ano em Tosagua, El Carmen, La Avanzada, Esmeraldas e Quevedo.

5. Para o milho armazenado, observando que a umidade de equilíbrio é superior a umidade segura de armazenamento, os seguintes meses são críticos, nos diferentes pontos da Rêde: Março, abril e maio em Daule; de janeiro a agosto em Ventanas, de fevereiro a julho em Portoviejo; de junho a dezembro em La Avanzada, todos os meses do ano em El Carmen, Tosagua, Esmeraldas e Quevedo.
6. Considerando os cálculos do custo de secagem dos três produtos, os valores das tarifas correspondentes são bem baixas, não atingindo 1% do valor do produto.
7. Os silos da Rêde Equatoriana necessitam ser equipados com um bom sistema de controle de temperatura dos grãos armazenados e com um laboratório para controle de umidade.
8. Devem ser realizados estudos visando a utilização de outros processos para prolongar o armazenamento dos grãos ; além da secagem e da trasilagem tradicionais.

9. Recomenda-se também o estudo da possibilidade de utilização de formas mais adequadas, sob o aspecto climático para a construção de unidades armazenadoras.

## BIBLIOGRAFIA

1. A.A.C.C. - American Association of Cereal Chemist. Method 44-15 A. St. Paul, Minnesota. 1975.
2. ALAM, A. and SHOVE - Hygroscopicity and Thermal Properties of Soybeans. Transactions of the ASAE. 16 (4): 707-709. 1973.
3. BAILLEY, J.E. - Whole Grain Storage. In: Storage Grains and their Products. Ed. by Christensen A.A.C.C. St. Paul Minn. 1974.
4. BAKKER-ARKENA, F.W. et al. - Energy and Capacity Performance Evaluation of Grain Dryers. ASAE. Paper 78-3523. 1978.
5. BAKKER, F.W.; BOOK, R.C.; LEREW, L.E. - Cereal Grain Drying. In: Advances in Cereal Science and Technology. Vol. 2. Chapter 1. Ed. A.A.C.C. St. Paul Minn. 1978.
6. BREESE, M.H. - Hysteresis in the Hygroscopic Equilibrium of Rough Rice at 25<sup>0</sup>C. Cereal Chemistry. 32(6):481-487. 1955.
7. BROOKER, D.B. et al. - Drying Cereal Grain. The AVI Publishing Company. 1974.
8. BUSHUK, W. and WINKLER, C.A. - Sorption of water vapor on Wheat Flour, Starch and Gluten. Cereal Chemistry. 34(2): 73-93. 1957.

9. CEAGESP. - Tarifas Oficiais para os Armazéns e Silos da Capital e Interior do Estado de São Paulo, em vigor a partir de 01-01-1979. São Paulo. 1979.
10. CHEN, C.S. - Equilibrium Moisture Curves for Biological Materials. Transactions of the ASAE. 14(5):924-926. 1971.
11. CHRISTENSEN, C.M. - Storage of Cereal Grains and their Products. Chapter 8. 2a. Ed. A.A.C.C. St. Paul Minn. 1974.
12. CHRISTENSEN, C.M. and KAUFMANN, H.H. - Grain Storage. The Role of Fungi in Quality Loss. Univ. of Minnesota Press. Minn. 1969.
13. CHUNG, D.S. and CONVERSE, H. - Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Grains. Transactions of the ASAE. 6(12):620-626. 1971.
14. COLEMAN, D.A. and FELLOW, H.C. - Hygroscopic Moisture of Cereal Grains and Flaxseed Exposed to Atmospheres of Different Relative Humidities. Cereal Chemistry. 12: 275-287. 1925.
15. DEXTER, S.T.; ANDERSON, A.L.; PFAMLER, P.L. and BENNE, E.S. - Responses of White Fsea Beans to Various Humidities and Temperatures of Storage. Agronomy Journal. 47(6): 246-250. 1955.

16. EMPRESA NACIONAL DE ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACION. - Tres Años en el Mercado de Productos Agrícolas. Quito. 1977.
17. EMPRESA NACIONAL DE ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACION. - Red Nacional de Almacenamiento para Granos Básicos. Quito. 1976.
18. EMPRESA NACIONAL DE ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACION. - Diseño Definitivo y Especificaciones Electromecánicas para la Red de Silos del Litoral. Quito. 1977.
19. ESCUDERO, E. - Armazenamento de Grãos a Nível de Fazenda no Equador. Trabalho apresentado na Disciplina de Pré-Processamento Avançado de Produtos Agrícolas. FEAA. UNICAMP. 1978.
20. FANSEN, H.A.; CHRISTENSEN, C.M. - In: Storage of Cereal Grains and Their Products. A.A.C.C. St. Paul. Minn. 1974.
21. FOSTER, G.H. and MACKENZI. - Seminário sobre Secado de Granos y Manipules de Cereales com Alto Contenido de Humedad. Bolsa de Cereales. B. Aires. 1969.
22. FRANCO, C.M. - Estudo sobre a Conservação de Sementes. Bragantia. 3:137-150. 1943.
23. GOHEMBIC, C. and KULIK, M. - Fungal Sporilagi in Stored Crops and its Control. Chapter XI. Food Sc. and Tech. a Serie of Monographis. Ed. by Goldbaltt. L.A. 1969.
24. GOLBALATT, L.A. - Control and Removal of Aflatoxin. J.M. Oil Chem. Soc. 48:605-610. 1971.

25. GOLBALATT, L.A. - Aflatoxin and its control. Economic Botany. 22(1):51-62. 1968.
26. GUSTAFSON, R.J. and GLENN, E.H. Equilibrium Moisture Content of Shelled Corn from 50 to 1550 I. ASAE. 17(1): 120-128. 1974.
27. HALL, C.W. - Drying From Crops. The AVI Publishing Company. Inc. Westport. 1957.
28. HENDERSON, S.M. and PERRY, R.L. - Agricultural Process Engineering. 2a. Ed. Edited by the Authors. Univ. of California, Davis.
29. HUSTON, D.F.; HUNTER, F.R.; NESTER, E.B. - Storage Changes in Parboiled Rice. J. Agric. Food. Chem. 4(6):964-968. 1956.
30. JORDÃO, B.A. - Consequências dos Fatores de Deterioração nas Características Qualitativos e Quantitativas dos Grãos Armazenados. Bol. ITAL. 37:1-11. 1974.
31. JORJE, J.T. - Determinação de Algumas Propriedades Físicas e Mecânicas da Soja, Variedade Santa Rosa. Tese de Mestrado. FEAA. UNICAMP. 1977.
32. JULIANO, J.G. - Hygroscopic Equilibria of Rough Rice. Cereal Chemistry. 41(3):191-197. 1964.
33. KEENER, H.M. and GLENN, T.L. - Measuring Performance of Grain Drying Systems. ASAE. Paper 78-3521. 1978.

34. KOSOSKI, R. - Dois Métodos Comparando a Obtenção do Equilíbrio Higroscópico dos Grãos. Rev. Brasileira de Armazenagem. 2(2):31-43. 1977.
35. LASSERAN, J.C. - Principes Généreux du Séchage. Perspectives Agricoles. I.T.C.F. n° 6. Paris. 1977.
36. LIENDNER, E. - Toxicologia de los Alimentos. Ed. Acribia. 1977.
37. LILLEHLOJ, E.B.; FANNELL, D.L.; HARA, S. - Fungi and Aflatoxin in a Bin of Stored White Maize. J. Stored. Prod. Res. 2(1): 47-51. 1975.
38. MAQUET, E.; LASSERAN, L.C. - La Ventilation des Grains. Perspectives Agricoles. N° 1. I.T.C.F. Paris. 1973.
39. MENEZES, T.; TANGO, A.F.; TEIXEIRA, C.G. - Levantamento da Ocorrência de Aflatoxina em Sementes de Amendoim nas Safras das Águas e da Seca. Coletânea do ITAL. Vol. 1:1-11. 1966.
40. MEYER, J.A.; ROA, G.; VILLA, L.G.; ROSSI, S. - Energia para a Secagem dos Produtos Agropecuários. Rev. Bras. de Armazenagem. N° 4. 1978.
41. MINISTERIO DE AGRICULTURA - Datos Básicas para la Identificación de Proyectos de Comercialización y Almacenamiento de Productos Agrícolas. Quito. 1977.
42. MORRIS, H.J.; OLSON, R.L.; BEAN, R.C. - Processing Quality of Varieties and Strains of Dry Beans. Food Technology. 4(6):247-251. 1950.



43. PIERCE, R.O.; THOMPSON, T.L. - Energy Utilization and Efficiency of Cross Flow Grain Dryers. ASAE. Paper. 15-30-20. 1975.
44. POPINIGIS, F. - Preservação na Qualidade Fisiológica da Semente durante o Armazenamento. Resumos. 2º Seminário de Armazenagem. Companhia Brasileira de Armazenagem. Brasília. 1976.
45. PREGNOLATTO, W. e SABINO, M. - Pesquisa e Dosagem de Aflatoxina em Amendoim e Derivados. Rev. do Inst. Adolfo Lutz. 29-30:6971. 1970.
46. PUZZI, D. - Manual de Armazenamento de Grãos: Armazéns e Silos. S. Paulo. Ed. Agronômica Ceres. 1977.
47. ROA, G. - Subsídios Técnicos para uma Política de Armazenagem de Grãos. Resumos. 3º Seminário Nacional de Armazenagem 44. 1978.
48. ROA, G. - Eficiência dos Secadores Comerciais. Informação Pessoal. 1979.
49. ROA, G. - Secado y Almacenamiento de Arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Colombia. 1972.
50. SANTOS, F.M. - Arroz no Equador. Rev. Lavoura Arrozeira. - Nº 287. pg. 10-16. 1975.
51. SARTORI, M.R. et al. - Preservação da Soja Armazenada a Granel Mediante Emprego de Aeração Mecânica para a Melhoria das Condições de Armazenamento. Bol. do ITAL. Nº 47: 75-81. 1976.

52. SCHROEDER, H.W.; CALDERWOOD, D.L. - Rough Rice Storage.  
Chapter 6: 166-187. In: Rice Chemistry and Technology.  
Ed. by Houlton, D.I. St. Paul. Minn. 1972.
53. SCOTT, P.M. - Mycotoxins in Stored Grain, Feeds and Other  
Cereal Products. In: Grain Storage. Part of a System.  
Ed. by Sinha, R.N.; Muir, W.E. 1973.
54. STEELE, J.L.; SAUL, R.A. and HUKILL, W.V. - Deterioration  
of Shelled of Corn as Measured by Carbon Dioxide  
Production. ASAE. Paper 68 (621). 1968.
55. SWANSON, B.G.; MONTOURE, J.E.; McCURDR, A.R.; PETERSON,  
S.G.; BANNON, S.L. - Proximate Composition, Respiration  
Rate and Fungi Growth of Dry Beares. J. Food. Sc.  
44(3):799-801. 1977.
56. VELASQUEZ, C. y AGUILAR, L.M. - La Respiración de Granos  
Almacenados e su Relación con la Variación del Peso.  
Simposio Latinoamericano sobre Almacenamiento y Conser-  
vación de Productos Agrícolas. Almacenes Generales de  
Depósito. S.A. México. 1970.
57. VILLA, L.G. - Danos Mecânicos nos Grãos. Informação Pes-  
soal. FEAA. UNICAMP. 1979.
58. VILLALOBOS, G. - Determinação do Efeito das Variações de Se-  
cagem em Silos sobre a Qualidade Fisiológica das Semen-  
tes de Soja. Tese de Mestrado. FEAA. UNICAMP. 1977.

59. VILBRANDT, F.C. and DRYDEN, CH.F. - Chemical Engineering  
Plant Design. 4a. Ed. International Student Edition.  
McGraw-Hill Book Company, Inc. Tokyo. 1959.
60. BONILLA, J. - Estudo do Armazenamento do Arroz em  
ca, com algumas Variedades Equatorianas e Brasileira.  
Tese de Mestrado. UNICAMP. 1975.

## ANEXO

## DADOS METEREOLÓGICOS DOS PONTOS QUE COMPÕEM A REDE DE SILOS (17)

LOCALIDADE	MÊS	UMIDADE %	TEMPERATURA °C
LL CARMEN	J	82.2	25.52
	F	84.6	25.46
	M	84.6	25.72
	A	83.6	26.18
	M	84.2	25.96
	J	82.8	25.72
	J	81.8	25.86
	A	79.6	25.70
	S	81.0	25.63
	O	79.6	24.48
	N	80.2	25.74
	D	80.0	25.55
PORTOVIEJO	J	76.20	25.30
	F	79.40	25.44
	M	81.00	25.68
	A	80.90	25.66
	M	78.20	25.02
	J	79.80	24.36
	J	76.40	23.46
	A	75.80	23.72
	S	75.20	23.72
	O	74.80	24.16
	N	73.80	24.28
	D	73.00	25.16

LOCALIDADE	MÊS	UMIDADE %	TEMPERATURA °C
LA AVANZADA	J	77.80	26.28
	F	76.20	26.98
	M	75.80	27.24
	A	76.80	27.25
	M	80.20	26.20
	J	81.30	25.47
	J	83.20	23.72
	A	82.80	23.72
	S	83.00	23.60
	O	83.30	23.35
	N	81.50	24.32
	U	79.80	25.70
ESMERALDAS	J	82.20	25.52
	F	84.60	25.46
	M	84.60	25.72
	A	83.60	26.18
	M	84.20	25.96
	J	82.80	25.72
	J	81.80	25.86
	A	79.60	25.70
	S	81.00	25.63
	O	79.60	24.48
	N	80.20	25.74
	D	80.00	25.55

LOCALIDADE	MÊS	UMIDADE %	TEMPERATURA °C
VENTANAS	J	81.75	25.62
	F	82.75	25.51
	M	84.15	25.80
	A	82.15	26.21
	M	83.25	24.77
	J	83.50	23.91
	J	83.50	23.49
	A	81.25	23.45
	S	77.65	24.42
	O	77.75	24.22
	N	77.85	24.73
	D	74.65	26.10
QUEVEDO	J	85.80	24.56
	F	86.20	24.72
	M	85.60	25.24
	A	85.80	25.50
	M	85.20	24.66
	J	87.00	23.90
	J	86.20	23.10
	A	84.80	23.02
	S	83.20	23.74
	O	82.00	23.66
	N	80.80	24.06
	D	82.20	24.84

LOCALIDADE	MÊS	UMIDADE %	TEMPERATURA °C
	J	88.30	25.90
	F	87.30	26.25
	M	88.80	26.60
	A	88.70	27.16
	M	89.00	26.85
TOSAGUA	J	90.00	26.10
	J	90.00	26.05
	A	88.30	25.63
	S	88.30	25.86
	O	89.00	25.56
	N	89.00	26.00
	D	88.00	26.10