

MÉTODOS ALTERNATIVOS DE SECAGEM DE
CHARQUE COM AUXÍLIO DE COLETORES SOLARES.
PREVISÃO MATEMÁTICA DO PROCESSO

Por

Antonio R. da Silva Costa
(Engenheiro Químico)

Tese apresentada
para obtenção do título de
Mestre
em Tecnologia de Alimentos

Dr. Luiz Gabriel Villa
Orientador

Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola
Universidade Estadual de Campinas

1 9 7 8

Com todo Amor e Carinho:

À minha Mãe

e

a todos os meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Nesta oportunidade desejo agradecer a todos aqueles que, aqui ou distantes, contribuíram para a concretização deste trabalho. Em particular, registro o meu profundo agradecimento às seguintes pessoas:

- ao Professor Doutor Luiz Gabriel Villa, pelos ensinamentos e amizade, cuja orientação foi indispensável à apresentação desta tese;
- ao Professor Doutor I.S. Schneider, pela co-orientação recebida;
- ao Professor José Christovam Santos, pelas sugestões e colaboração;
- à Universidade Federal da Paraíba, na pessoa do seu Magnífico Reitor Doutor Linaldo Cavalcante, pelo apoio e ajuda financeira facultada durante o curso de pós-graduação;
- ao Diretor da Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da UNICAMP, na pessoa do Doutor André Tosello, pelo apoio;
- a todos os Docentes desta Faculdade, em particular, à Doutora Maria Amélia C. Moraes, por sua colaboração e ensinamentos;
- aos colegas de graduação e pós-graduação, pela amizade e incentivo.
- ao amigo Ângelo D. Bianchi, por sua colaboração na parte de computação;
- aos funcionários e técnicos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, particularmente aos srs. Wilson Samy, Honório e Maria Izabel, pela valiosa ajuda.

Campinas, 15 de junho de 1978

Antonio R. da Silva Costa

RESUMO

O charque é um produto salgado e dessecado, de elevado valor protéico, tradicionalmente ligado à alimentação de uma ponderável parcela da população brasileira, notadamente aquela das regiões Norte e Nordeste, onde sobressai como a alimento básico.

A indústria de carne neste País, de um modo geral, tem experimentado grandes progressos, não somente no to-cante à modernização de suas instalações e equipamentos como também quanto à tecnologia de processamento.

Todavia, quanto ao preparo do charque, nada ou quase nada foi modificado desde a instalação da primeira char-queada em Pelotas no ano de 1780.

Com efeito, o seu processo de fabricação segue o mesmo empirismo artesanal de então, sendo constituído, basi-camente, por salga úmida em tanque de salmoura, seguida de salga seca em pilhas e, por fim, a secagem por exposição das peças de carne ao sol e ao vento, estendidas em varais. Em cada uma das fases de processamento existe um ponto crítico, constituindo sérios problemas e impropriedades que redundam em prejuízos diretos e indiretos, tanto mais sérios quanto mais volumosa a produção.

Na última grande etapa de seu fabrico - a secagem - acha-se localizado um dos pontos críticos, se não o mais importante, pelo menos de grande importância. Aí as peças de carne salgadas são expostas à ação dos ventos e do sol, por quatro, cinco e até sete ou mais dias, conforme as condições atmosféricas.

Esse tipo de operação, a céu aberto, traz à produção do charque, inconveniências como essas:

- a) comprometimento do aspecto sanitário do produto;
- b) comprometimento do aspecto econômico no que tange ao tempo operacional e emprego de mão-de-obra;
- c) comprometimento da estética dos estabelecimentos pela ina-

traente exposição das carnes nos pátios.

Em face de tudo isto, se propôs estudar um melhor aproveitamento da energia solar na secagem natural do charque pelo emprego de coletores solares, na tentativa de abreviar a operação da secagem, bem como melhorar as condições desta, sem que as características do produto final fossem alteradas.

Para esse fim, após feito um processamento de amostras de charque, até a fase que precede a secagem, procedeu-se um estudo de secagem das amostras em que se fez a comparação do método usual de secagem com outro em que se usou a convecção forçada de ar aquecido por coletores solares acoplados a diferentes secadores.

Para que este novo método pudesse ser analisado matematicamente adaptou-se um modelo matemático desenvolvido por THOMPSON e col. (1968). Para simular o processo de secagem, foi necessário determinar alguns dos parâmetros que caracterizam o comportamento do produto com relação a sua secagem, ou sejam: a) curvas de equilíbrio de umidade; b) curvas de secagem de peças individuais; c) calor latente de vaporização; d) calor específico.

Na comparação entre os métodos usados, aquele em que se utilizou convecção forçada de ar, aquecido por coletores solares, mostrou resultados positivos.

A simulação matemática do processo de secagem, conforme modelo de THOMPSON e col. (1968), mostrou ser de grande valia para o desenvolvimento de novos métodos de secagem do charque. Observou-se porém, que a equação para a secagem de peças individuais só poderá ser utilizada se estas forem de tamanhos iguais aos usados na pesquisa.

ABSTRACT

Drying is one of the basic unit operations in the production of "charque" (salted meat). The process is ordinarily performed, exposing the meat to solar radiation and natural convection.

In the present research work, forced convection and the use of a plane solar collector to heat the drying air were used to speed up the process. Considerable reduction of drying time, maintaining the quality of the product, was obtained.

Thompson's drying model (Thompson et al. (1968)) was adapted for predicting the "charque" drying process. For developing the model the following drying parameters of "charque" were obtained: Equilibrium moisture content, drying of full exposed individual pieces, latent heat of vaporization and specific heat.

It was shown how to use the model for developing improved methods for "charque" drying.

ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Processamento do charque	9
2.1.1. Preparo da matéria-prima	9
2.1.2. Salga úmida	10
2.1.3. Salga seca	11
2.1.4. Ressalga	11
2.1.5. "Tombos"	11
2.1.6. "Pilhas de espera" e "pilhas de in- verno"	12
2.1.7. Lavagem prévia	12
2.1.8. Secagem natural	12
2.2. Preservação do charque pela salga e secagem	13
2.2.1. Salga	15
2.2.1.1. Sal - Agente preservador ..	15
2.2.1.2. Tipos de salga	17
1. Salga a seco	18
2. Salga úmida	18
3. Salga mista	19
2.2.1.3. Mecanismo da salga	19
2.2.2. Secagem	19
2.2.2.1. O processo de secagem	19
2.2.2.2. Simulação matemática de se- cagem	21
2.2.2.3. Propriedades do produto em relação à secagem	23
1. Curvas de secagem em pe- ças individuais	23
2. Curvas de equilíbrio de umidade	24
3. Calor latente de vaporí- zação	27
4. Calor específico	28

	Páginas
2.2.2.4. Mecanismo da secagem	30
2.2.2.5. Condições de secagem	31
3. OBJETIVOS	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1. Materiais	34
4.1.1. Matéria-prima, reagentes, aditivos e in- gredientes	34
4.1.2. Aparelhos de laboratório e de secagem .	34
4.2. Métodos	35
4.2.1. Comparação de métodos de secagem	35
4.2.2. Análise microbiológica do charque nos sistemas usados	45
4.2.3. Propriedades do charque com relação à secagem	49
4.2.3.1. Umidade de equilíbrio	49
4.2.3.2. Linhas de secagem de peças in- dividuais	50
4.2.3.3. Calor Latente de vaporização .	51
4.2.3.4. Calor específico	51
4.2.4. Rotina matemática de secagem de charque	52
4.2.5. Simulação de secagem de charque	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1. Comparação entre os diferentes métodos de se- cagem	55
5.2. Análise microbiológica dos sistemas comparados	55
5.3. Propriedades de importância na secagem do char- que	68
5.3.1. Curvas de umidade de equilíbrio	73
5.3.2. Curvas de secagem de peças individuais.	74
5.3.3. Calor latente de vaporização	76
5.3.4. Calor específico	79
5.4. Simulação de secagem do charque	80

	Páginas
6. CONCLUSÕES	84
7. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	85
8. BIBLIOGRAFIA	86

INDICE DE TABELAS

Tabelas		Páginas
1	Produção do charque no Brasil de 1970 a 1976	3
2	Destinação de carcaças bovinas para o fabrico de charque devido a infestação por cisticercose	5
3	Umidades relativas (%) a diferentes temperaturas com soluções saturadas de sais	26
4	Umidades relativas obtidas com soluções saturadas de sais - Hall (1957),	50
5	Temperaturas e Umidades relativas do ar de secagem durante o primeiro experimento	58
6	Resultados da avaliação de SABOR do charque imediatamente após concluída a secagem	60
7	Resultados da avaliação de TEXTURA do charque imediatamente após concluída a secagem	61
8	Resultados da avaliação de PREFERÊNCIA do charque imediatamente após concluída a secagem	62
9	Análise de variância da avaliação do sabor, textura e preferência imediatamente após a secagem	63
10	Resultados da avaliação do SABOR do charque 90 dias após concluída a secagem	64
11	Resultados da avaliação da TEXTURA do charque 90 dias após concluída a secagem	65

Tabelas

Paginas

12	Resultados da avaliação da PREFERÊNCIA do charque 90 dias após concluída a <u>se</u> cagem	66
13	Análise de variância da avaliação de <u>sa</u> bor, textura e preferência 90 dias após concluída a secagem	67
14	Comportamento da flora microbiana na salmoura e na carne, apenas salgada...	68
15	Comportamento da flora microbiana nos três diferentes processos de secagem do charque imediatamente após a <u>seca</u> gem	69
16	Comportamento da flora microbiana do charque após 15 dias de prateleira ...	70
17	Umidade de equilíbrio do charque	73
18	Resultados experimentais da secagem de peças individuais de charque	74
19	Pressão de vapor do charque (kg/m^2) a diferentes teores de umidade e temperatura	76
20	Composição química do charque	79
21	Simulação da secagem do charque	80

INDICE DE FIGURAS

Figuras		Páginas
1	Tanque de salmoura e salga seca ...	14
2	Pilha volta	14
3	Pilha de inverno	14
4	Secagem em varais	14
5	"Pileta" para fermentação	14
6	Diagrama esquemático de simulação de secagem de peças individuais de charque	22
7	Secador - mantas dobradas	36
8	Secador - mantas penduradas	36
9	Secador de tubo perfurado	37
10	Coletor de energia solar adaptado à câmara de secagem de charque	39
11	Umidade de equilíbrio	43
12	Secador de tubo (solar)	43
13	Câmara de secagem (solar)	43
14	Secagem artificial	43
15	Esquema do secador estacionário, tipo túnel, simulado para estudar o efeito da temperatura sobre a secagem do charque	53
16	Esquema de um secador, por lotes, contracorrente, para secagem de charque	54
17	Teor de umidade do charque durante a secagem para os diferentes métodos comparados - Experimento 1	56

Figuras

Páginas

18	Teor de umidade do charque durante a secagem para os diferentes métodos comparados - Experimentos 2....	57
19	Comparação entre os dados experimentais e resultados da equação (1) para o equilíbrio de umidade do charque	75
20	Comparação entre os dados experimentais e resultados da equação (2) para secagem de peças individuais de charque	77
21	Pressão de vapor do charque contra a pressão de vapor da água a diferentes teores de umidade	78
22	Resultados de simulação de charque em secadores estacionários, tipo túnel	81
23	Resultados da simulação de secagem de charque em secadores tipo túnel, por lotes	83

1. INTRODUÇÃO

O Regulamento Brasileiro de Inspeção Sanitária e Industrial dos Produtos de Origem Animal define charque, sem qualquer outra especificação, como sendo a carne salgada e dessecada, cuja matéria-prima deve ser, obrigatoriamente, carne bovina (26).

A sua composição química média é dada por Seaone (39) nos seguintes valores: a) Água - 30,66%; b) Proteína total - (Nx6,25) - 44,62%; c) Gorduras - 6,70%; d) Carboidratos - 0,42%; e) Cinzas - 17,30%.

Esse regulamento determina que o charque não deve conter mais de 15% de resíduo mineral fixo, com tolerância de até 5% de variação.

Portanto, o charque é um produto protéico concentrado, que tem estado tradicionalmente ligado à alimentação de uma ponderável parcela da população brasileira, notadamente aquela das regiões Norte e Nordeste.

O charque foi, provavelmente, o primeiro produto cárneo industrializado neste País, confundindo-se a sua história, até poder-se-ia dizer, com a da evolução da própria pecuária e da indústria de carne nacionais.

De técnica de processamento considerada como de origem indígena, o seu aparecimento, em escala industrial, remonta ao Século XVIII, quando foi fundada na vila cearense de Aracati (1730) a primeira charqueada do País (28)

Do Ceará expandiu-se o fabrico do charque a vários estados nordestinos, e já no final daquele século transferiu-se para o extremo sul do País, em busca de melhores condições, e, também com vistas a tirar proveito do grande lastro de matéria-prima proporcionado pelo florescente rebanho sulriograndense. Surgia, assim, com a instalação de uma charqueada, na cidade de Pelotas, a primeira exploração do produto em bases industriais para a época (28).

Tendo sempre em mira o abastecimento do Norte e Nordeste brasileiros por um produto capaz de fazer face ao demorado transporte e à grande distância e ainda sem o recurso da refrigeração - a indústria do charque expandiu-se gradativamente naquele estado sulino. E, com o passar dos anos, foi-se instalando, também, no chamado Brasil-Central, cuja região acabou por se constituir na maior área de produção de gado de corte do País.

Com a multiplicação desses estabelecimentos, a produção nacional do charque alcançou cifras de grande expressão, registrando o Anuário Estatístico Brasileiro o montante de 70.763.000 quilos no ano de 1957, tendo como área de consumo quase que na sua totalidade o Norte e o Nordeste do Brasil, como ainda acontece presentemente. Assinalou essa produção, em 1970 (tabela 1), o montante de 52.801.965 quilos de charque, tendo em 1976 alcançado o recorde deste último decênio, de 93.141.000 quilos, nos estabelecimentos sob Inspeção Federal, correspondente a um valor aproximado de CR\$ 2.794.230.000,00.

É de se ressaltar que esse montante contou muito pouco com a participação da indústria gaúcha - de apenas 1.674.917 quilos - que, diga-se de passagem, desde a década de 60, passou a dedicar-se à industrialização de carne enlatada para o mercado internacional, em substituição ao fabrico daquele produto.

Verifica-se assim, por estes dados, que paradoxalmente o charque ainda tem, nos dias que correm, uma importante participação da dieta protéica de nosso povo e um relevante papel em nossa economia. Acrescente-se, ainda, a produção da "carne de sol", que é uma variante do charque e que é de grande aceitação e produção no Nordeste do Brasil.

O consumo do charque, apesar de ter ainda a sua grande expressão no Norte e Nordeste, porquanto persistem naquelas regiões os fatores limitantes alusivos aos transportes e ao frio industrial, tem encontrado, também, especialmente nestes últimos dez anos, um mercado ascendente no Rio de Janeiro e em São Paulo. Isso, provavelmente, graças à marcante presença na população desses Cen-

Tabela 1

Produção de charque [kg] - Anos: 1970/76 - Fontes: MA - DIPOA - CICAR - SETES

ESTADOS	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Guanabara	-	471.318	2.910.263	2.524.882	2.148.997		
Espirito Santo	640.125	492.261	436.898	202.810	214.677	201.944	600.650
Rio de Janeiro	4.986.420	9.682.936	9.961.783	10.088.609	8.574.362	16.069.706	16.679.410
Minas Gerais	14.685.669	13.685.669	9.031.559	5.095.237	4.319.809	10.997.053	9.661.998
São Paulo	21.166.835	26.687.165	32.770.860	32.749.749	35.387.119	48.454.663	66.419.087
Santa Catarina	6.572	4.907	40.181	24.170	146.135	288.659	506.198
Paraná	820.479	1.020.662	2.128.906	2.527.626	771.015	1.730.010	8.194.846
Rio Grande do Sul	2.195.167	2.195.167	2.698.227	2.086.205	1.642.854	3.129.476	1.674.517
Goiás	3.835.831	3.777.520	2.281.073	2.036.755	807.114	1.685.770	2.401.193
Mato Grosso	4.464.867	4.946.264	3.225.499	1.642.149	2.656.149	3.169.505	8.079.445
Piauí	-	-	-	-	-	1.223	-
Amazonas	-	-	-	-	-	-	15.664
T O T A L	52.801.965	65.729.607	65.487.239	58.978.861	56.668.311	85.727.999	98.141.915

tros, de nordestinos que, por questão de hábitos alimentares, fazem do charque parte de sua alimentação.

Por outro lado, é importante registrar as novas e alviçareiras perspectivas que ultimamente vêm surgindo para o charque no mercado internacional, com abertura de novos mercados consumidores nos países africanos, notadamente na Nigéria e em Uganda. Este fato deverá, certamente, não somente estimular o incremento de sua produção como proporcionar, ao nosso País, uma fonte de divisas.

Nos tempos presentes, a produção saladeira ainda se mantém em nível considerável, não obstante a indústria nacional da carne - que em termos técnicos progrediu extraordinariamente nesses últimos quinze anos - ter direcionado, a partir da década de 60, as suas atividades no sentido de uma produção tecnificada, com a aplicação extensiva dos modernos recursos tecnológicos para a conservação e transformação da carne em uma variada gama de produtos industrializados.

Tudo indica, pois, que a expressão industrial do charque se fará sentir ainda por muitos anos, seja pela existência de mercados tradicionais e daqueles novos no exterior, seja pela necessidade das indústrias que se dedicam ao abate, de darem aproveitamento às partes da carcaça bovina, como os chamados dianteiros e pontas-de-agulha que, normalmente, não são de fácil comercialização como carne "*in natura*". E essas porções, é imperioso registrar, correspondem a cerca de 50% do peso da carcaça bovina, sendo consumida, parte na industrialização de embutidos, parte na do charque, que apenas uma pequena parcela é exportada.

Além disso, acrescente-se que, em nosso País, esta mesma indústria de abate é compelida, de certa forma, ao fabrico do charque para dar aproveitamento às rejeições condicionais de carne de certos animais, determinadas pelo Serviço de Inspeção Sanitária Federal. Essas rejeições, especialmente as ocasionadas pela cisticercose localizada, são deveras de monta, valendo registrar que dos 19.403.663 bovinos abatidos no Estado de São Paulo de 1960 a outubro de 1975, o Serviço de Inspeção Federal destinou, compulsoriamente,

TABELA 2

Destinação de carcaças de bovinos para o fabrico de charque devido a infestação por Cisticercose
 Fonte: GEIPOA - SP - Ministério da Agricultura

Cisticercose - "Carcaça" - Bovinos						Cisticercose - "Vísceras" - Bovinos				
ANO	ABATE	CONDE NADAS	CONSERVA	SALGAMENTO	NÃO APREENDIDA	CABEÇA	LÍNGUA	CORAÇÃO	RINS	FÍGADO
1960	1.161.800	55	2.196	4.837	11.583	13.102	289	6.234	-	26
1961	1.255.370	92	1.969	5.534	11.747	13.418	410	6.811	-	-
1962	1.148.577	39	1.423,75	4.822	10.925	12.067	468	5.822	-	-
1963	1.062.656	42	1.420	4.858	11.667	11.739	403	5.758	-	-
1964	1.178.913	363	1.710	5.046	10.890	12.760	382	5.923	-	-
1965	1.184.487	52	1.240	5.790	11.375	11.791	802	6.343	-	-
1966	951.797	31	563	5.731	11.669	11.064	1.407	6.503	-	-
1967	1.049.616	57	863	7.864	14.789	15.526	1.402	8.324	-	-
1968	1.154.732	181,5	1.465	7.447	15.851	16.219	1.684	9.344	-	-
1969	1.273.660	39	704	7.278	18.059	17.264	2.442	10.570	-	-
1970	1.013.806	32	368	5.681	15.000	14.385	2.263	8.895	-	-
1971	1.095.376	64	1.244	8.367	19.126	19.129	1.797	10.979	-	-
1972	1.409.302	97	1.156	11.721	38.157	27.635	1.064	26.430	9	193
1973	1.675.615	154	1.275,5	11.784,50	51.906	33.732	1.177	34.599	23	372
1974	1.368.634	91	934,5	8.140,75	46.072,5	26.192	794	31.361	13	185
até outubro 1975	1.419.882	149	1.406	9.513,50	48.767,5	28.193	839	35.021	154	243

para a elaboração do charque, 114.714.750 carcaças, equivalendo es as rejeições a 0,59% do abate (Tabela 2).

No que respeita à elaboração do charque, os progres sos técnicos ocorridos têm se limitado, pode-se dizer, quase que ex clusivamente ao aspecto civil de seus respectivos estabelecimentos, tais como aprimoramento dos fluxogramas e melhoramento das instala ções. Além disso, creditar-se-ia ao charque, quando muito, a melho ria no seu acondicionamento, graças ao emprego dos modernos envoltó rios e das máquinas de embalagem extensivamente utilizados na indús tria da carne.

Não obstante, pois, a sua expressiva demanda, à tec nologia de preparação do charque - pode-se arriscar sem margem de erro a afirmativa - nada ou muito pouco foi acrescido ou alterado des de a instalação da primeira charqueada em Pelotas, nos idos de 1780.

Se houve, como de fato houve, um notável progreso na qualidade da matéria-prima, porque os estabelecimentos produtores de charque passaram a se suprir de carne inspecionada proveniente de animais de melhor categoria zootécnica e sanitária, sendo preparada em ambiente de elevado padrão higiênico, a tecnologia do charque pro priamente dita ainda se caracteriza pelo primarismo de origem, quer nas etapas fundamentais de processamento, como nos seus desdobramentos e, ainda, nos detalhes.

Com efeito, "manteia-se", salga-se, "tomba-se" e se ca se a carne da mesma maneira empírica e artesanal como se faz des de os seus primórdios.

A intimidade com esse tipo de atividade revela cer tamente por tradicionalismo e pela falta de pesquisas com que se pos sa objetivamente orientá-la e convencê-la - que ela apresenta crôni cos problemas e impropriedades de várias ordens, que vão desde aque les de caráter tecnológico e econômico até os sanitários e mesmo os estéticos que, em última análise, redundam em prejuízos diretos e in diretos, tão mais sensíveis quanto mais volumosa for a produção.

Não constitui exagero, pois, a afirmativa de que se tem em cada fase do preparo do charque, nas condições em que é feito, um ponto crítico, em que são prevalentes aqueles problemas e impro

priedades. Seu processo de fabricação é constituído, basicamente, por salga úmida em tanques de salmoura saturada, seguido de salga seca e cura, por maior ou menor tempo em pilhas e, por fim, da secagem por exposição das peças de carne ao sol e ao vento, estendidas em varais.

Na última grande etapa de seu fabrico, a mais peculiar do processo - a secagem - acha-se, sem dúvida, localizado um daqueles pontos críticos, que se não é o mais importante, pelo menos é de grande importância.

Nos varais de secagem, as peças (mantas) já salga das e curadas são expostas à ação do sol e do vento, durante quatro, cinco ou até sete dias, sendo que, ao fim de cada estendida, ou quando as condições atmosféricas adversas o obriguem, são recolhidas às chamadas "ilhas", "pedras", "piletas" ou ainda "assientos", nas proximidades dos varais, onde são empilhadas e cobertas com lona, permanecendo, assim, por uma noite ou mais.

O tempo em que o produto permanece nas "piletas", varia em função das condições climáticas e é sobre estas "ilhas" que se processa, acreditando-se por tradição, a maior parte da cura e fermentação láctica, resultando em produto de características peculiares, em função do tempo de permanência nestas "ilhas".

São óbvias as inconveniências que esse tipo de operação a céu aberto, e a manipulação em demasia, trazem à produção do charque.

a) O aspecto sanitário é altamente comprometido, porquanto, o produto é exposto às contaminações do ambiente (poeira, insetos, pássaros, roedores, etc.);

b) O excessivo manuseio com as idas e vindas das peças dos varais para as pilhas e vice-versa;

c) O aspecto econômico também deve merecer consideração, não apenas pela mão-de-obra que demanda a operação, como pelas eventuais dilatações do tempo global de secagem, como consequência de más condições atmosféricas;

d) O aspecto tecnológico sofre implicações, porque a produção fica sujeita a flutuações de qualidade, bem como em seu padrão de umidade, em face das variações nas suas condições de secagem;

e) Finalmente, fere a estética dos estabelecimentos pela inatratante exposição das carnes nos pátios. É provável, diga-se de passagem, que verdadeiramente resida neste aspecto a forte razão pela qual missões técnico-sanitárias de alguns países importadores de carnes e produtos cárneos vetem, por anti-higiênica no fabrico, a importação do charque, e ameacem mesmo retirar das suas relações aprobatórias os matadouros-frigoríficos que também elaboram esse produto, ainda que sejam estabelecimentos de elite.

Em face de tudo quanto foi até aqui exposto é que se propôs estudar um melhor e mais adequado aproveitamento da energia solar na secagem natural do charque, oferecendo opções para um possível aprimoramento do processo por métodos práticos e certamente econômicos, sem que as características inerentes ao produto final sejam sensivelmente modificadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Processamento do charque

A indústria do charque integra o setor de carnes concentradas, estando atualmente localizada quase que exclusivamente no chamado Brasil-Central.

Muito pouco se encontrou na literatura consultada sobre tecnologia de charque, constituindo os trabalhos de PARDI (28) e SEAONE (39) praticamente as fontes de informações escritas sobre a técnica de processamento e composição deste produto.

PARDI, descrevendo o processo tradicional de fabrico do charque, pormenoriza as seguintes etapas: 1) Preparo da matéria-prima; 2) Salga úmida; 3) Salga seca; 4) "Ressalga"; 5) "Tom-bos"; 6) "Pilhas de espera" e "Pilhas de inverno"; 7) Lavagem prévia; 8) Secagem natural.

2.1.1. Preparo da matéria-prima

No matadouro, após a subdivisão das carcaças em mei-as - carcaças, estas são expostas nos chamados tendais ou enviadas às câmaras frias a uma temperatura de mais ou menos 8°C, durante 24 ho-ras, com a finalidade de promover o retraimento das fibras muscula-res, resultando em menor perda de carne por ocasião da desossa, além de dar maior garantia ao produto quanto à sua conservação.

Na fase de desossa são separadas as partes que serão empregadas no processamento. No entanto, as meias ou quartas de carcaças podem ser desossadas inteiras, quando destinadas pelo Serviço de Inspeção Federal ao aproveitamento condicional para charque ou pela própria indústria que as destina por conveniência comercial.

Desossadas as porções musculares destinadas ao preparo do charque, estas são adelgaçadas para a obtenção de peças mais uniformes (mantas) com espessura em torno de cinco centímetros, a fim de que haja maior facilidade e efetividade na execução das di-ferentes etapas do processamento (28).

2.1.2. Salga úmida

Constituídas as mantas, elas são imersas em tanque com salmoura (Fig. 1) de densidade de 95º Salômetro ou aproximadamente de 23,5º Baumé. A salmoura é composta unicamente de sal industrial e água potável.

Os tanques de imersão, geralmente longos, rasos e estreitos são providos de chicanas intermediárias e permitem que operários munidos com bastões de madeira apropriados, mergulhem e movimentem as peças de carne com a finalidade de possibilitar um contato mais íntimo de todas as suas porções com a salmoura.

Este processo demora, no mínimo, cinquenta minutos, pois as peças somente são removidas quando apresentam uma coloração acinzentada.

A adequada concentração da salmoura é mantida pela sua circulação através de uma pilha de sal, com o auxílio de uma bomba elétrica. Nessas condições, a salmoura, além de dissolver o sal e concentrar-se, também sofre uma filtração parcial, perdendo partículas indesejáveis mais grossas.

2.1.3. Salga seca

Em ato contínuo à retirada da carne da salmoura é feita a salga a seco.

O processo consiste em se estender sobre o piso de cimento, forrando-o, uma camada espessa de sal, e sobre esta, camadas de carne intercaladas com porções de sal, evitando-se sempre a formação de dobras ou que fiquem enrugadas. Deste modo, pilhas de carne e sal com cerca de 1,8 a 2 metros de altura são formadas (Fig. 1).

Estas pilhas devem sempre ficar sobre um piso com leve inclinação, tendo-se o cuidado de, alternadamente, dispor as porções gordurosas das mantas voltadas para cima, de modo a facilitar a penetração de sal e o escorrimento da salmoura. A última camada é coberta com uma regular quantidade de sal.

A duração da carne nestas pilhas é de 12 a 24 horas.

2.1.4. "Ressalga"

A "ressalga" é uma operação feita nas mesmas condições que a salga, porém invertendo-se a superfície das "mantas" para melhor possibilitar a uniformidade da salga.

A movimentação das "mantas" de pilha-de-salga para a de ressalga é feita com a ajuda de ganchos metálicos apropriados, devendo-se evitar que haja dilaceração das peças com gestos bruscos. O operário "paleador" deve ser bem habilitado em sua tarefa de distribuição do sal com a ajuda da pá. As peças devem ser sempre bem estendidas e acomodadas, a fim de evitar vãos ou dobras.

O piso da sala de salga deve ser permanentemente desinfetado com solução concentrada de hipoclorito de sódio ou potássio e o ambiente em semi-escuridão, para evitar a atração de moscas e deposição de seus ovos. Esta operação dura, em média, de 20 a 24 horas.

2.1.5. "Tombos"

A terceira pilha é formada por uma nova inversão das peças. As das camadas superiores passam para as inferiores, com a adição de sal entre cada uma delas se necessário. Esta operação também é conhecida pela designação de "pilha volta" (Fig. 2).

Os "tombos" que se seguem, podem ter duração de 48 horas e geralmente prescindem de adição de sal.

É desejável, para que se garanta uma salga adequada e visando ao combate das bactérias do chamado "vermelhão", que se opere, pelo menos, quatro tombos.

Como regra geral, a partir da terceira pilha, costuma-se colocar as peças de carne dispostas com as porções musculares voltadas para cima, prática que se repete, inclusive nos intervalos das estendidas.

No conjunto de operações de salga úmida e seca, as perdas de peso das carnes em processamento é de 18,68%, elevando-se esse índice para 20,5% após a lavagem e empilhamento (28).

2.1.6. "Pilhas de espera" e "Pilhas de inverno"

Por contingência de clima (chuva, dia nublado) ou de mercado, torna-se necessário, por vezes, a retenção por mais tempo das carnes apenas salgadas. Quando essa retenção é curta, não passando do prazo máximo de três meses, recorre-se às chamadas "pilhas de espera" e, quando mais longa, para as "pilhas de inverno". Esta última prática é mais comum no Rio Grande do Sul (28).

Em qualquer destas hipóteses torna-se indispensável a adoção de cuidados especiais em todas as fases de processamento, no que respeita ao número de "tombos", que deve ser no mínimo de quatro.

Embora não seja prática comum, alguns estabelecimentos produtores de charque costumam proteger externamente as "pilhas de inverno" com pulmões e fígado previamente salgados, independentemente de uma cobertura final com grossas camadas de sal e encerrado (Fig. 3).

Esse procedimento visa a proteger as pilhas das contaminações várias e do possível aparecimento do "vermelhão".

Normalmente, as "pilhas de inverno" são feitas em prédios ou salões apropriados, chegando mesmo alguns frigoríficos a fazê-las dentro de câmaras frias - condições ótimas para a conservação do produto e cuja duração é de três a seis meses.

2.1.7. Lavagem prévia

Após a salga e logo antes de ser dado início à secagem, usualmente efetua-se uma rápida lavagem das mantas para a remoção do excesso de sal cristalizado em sua superfície. Esta operação é realizada por uma rápida imersão das peças em tanque de água permanentemente removida e clorada, visando a manter, segundo LEBEDEF (24), um nível de 0,5 mg de cloro ativo por litro.

2.1.8. Secagem natural

Terminada a lavagem, processam-se as "estendidas", que constituem a secagem de carne ao ar livre por exposição, das pe-

ças aos raios solares e ao vento (Fig. 4). Esta fase é uma das mais importantes na elaboração do charque, influenciando decisivamente na boa qualidade do produto final (28).

Os varais onde se processam as estendidas são de madeira, dispostos em fileiras paralelas com orientação norte-sul, distanciadas entre si cerca de 1,80m para permitir o trânsito de carrinhos e do pessoal para as estendidas e recolhimento da carne (28).

As estendidas são feitas por etapas. Não se costuma fazer a primeira em dia muito quente para evitar o aquecimento excessivo e a acentuada desidratação da superfície de carne. A exposição deve durar pouco tempo e as peças são, em seguida, recolhidas e deixadas empilhadas de um dia para o outro sobre as chamadas "piletas" (Fig. 5).

A seguir, processa-se a segunda estendida, e assim, sucessivamente, devendo sempre o produto ficar empilhado e coberto no período da noite entre duas estendidas consecutivas, até o final da secagem.

O tempo de cada estendida varia, em média, de seis a oito horas diárias, demandando todo processo de secagem de 4 a 5 estendidas, ou 4 a 5 "sóis", como se costuma dizer na terminologia da charqueada.

O término da operação, normalmente é determinado pela experiência do encarregado, devendo, por exame de laboratório, ser conferidos os teores da umidade (45% b.u.) e de sal (15%) (28).

Ao fim da secagem, o produto é armazenado, classificado e enfardado para posterior distribuição.

Esta é, em linhas gerais, a rudimentar tecnologia do charque, produto que tem resistido às modernas tecnologias com grandes contingentes de adeptos, principalmente os da famosa feijoada.

2.2. Preservação do charque pela salga e secagem

A tecnologia do charque está fundamentada na salga e na secagem, fenômenos que, em última análise, redundam numa desidratação parcial.

FIGURAS



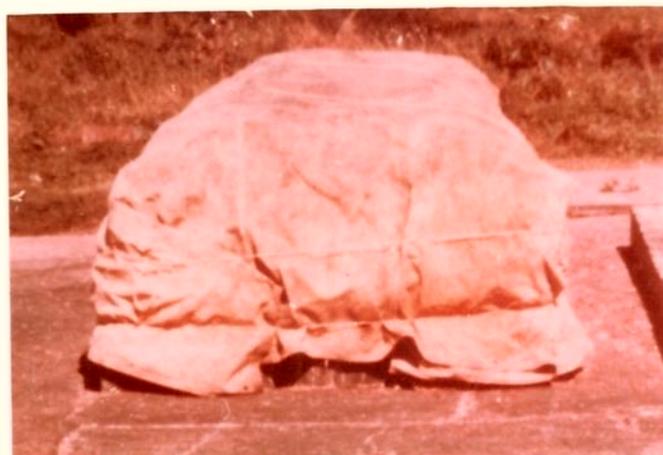
1 - CARNE DE SALMOURA E SALGA SECA-1



2 - PILHA VOLTA



3 - PILHA DE INVERNO



4 - "BULETA" PARA FERMENTAÇÃO

De acordo com BARRETO (02), ambos os processos têm efeito desidratante, sendo que o sal inibe, ainda, a atividade das enzimas autóctones do produto e limita aquelas da flora bacteriana, acaso presente.

2.2.1. Salga

Salga é um método de preservação dos mais antigos e baseia-se na penetração de cloreto de sódio no interior dos tecidos, sendo controlada por um conjunto de fenômenos físicos e químicos. Dentre estes, podem ser mencionadas a difusão, a osmose e uma série de processos químicos e bioquímicos associados com a modificação dos vários constituintes do músculo, principalmente as proteínas (05).

2.2.1.1. Sal - Agente preservador

O sal marinho ou o cloreto de sódio comercial é obtido, entre nós, pelo processo de evaporação da água do mar, sendo o único sal tradicionalmente utilizado no fabrico do charque (28). O sal de rocha, por ser importado, é antieconômico.

Trata-se de um sólido cristalino regular, que geralmente se cristaliza na forma de cubos. É neutro em solução aquosa e tem sabor salastro-amargo (02).

O cloreto de sódio puro é ligeiramente higroscópico, absorvendo cerca de 0,5% de umidade do ar quando à temperatura ambiente. Funde-se a 729°C e vaporiza-se rapidamente ao se tornar incandescente (28). Suas vantagens como agente de conservação são devidas à sua fácil aquisição e baixo custo, além de conferir o gosto salgado e melhor palatibilidade aos alimentos, sendo, ainda, essencial à vida humana (02).

O cloreto de sódio não é um antisséptico e sim um bacteriostático, pois, não mata os germes, mas conforme a sua concentração, inibe-os.

Devido a sua capacidade desidratante, cria meio incompatível com a vida de muitos microorganismos sem que o alimen-

to perca sensivelmente suas qualidades nutricionais (02).

Além da ação desidratante, o cloreto de sódio é considerado inibidor das atividades das enzimas proteolíticas e sua possível combinação com as proteínas forma um complexo denominado "salino-protéico" que é impróprio ao desenvolvimento dos agentes de putrefação.

A análise química revela que o sal normalmente utilizado em nossas charqueadas nem sempre é satisfatório e isento de impurezas minerais deliquescentes (12).

O Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (26) - especifica para o sal destinado à elaboração de produtos cárneos a seguinte composição:

Cloreto de sódio	96,5%
Substâncias orgânicas e minerais estranhos à composição normal	ausente
Insolúveis totais em água	
máximo	0,3%
Grau de turbidez	50,0%

Para que estas especificações sejam obedecidas, várias exigências de origem higiênico-sanitárias devem ser cumpridas. Dentre elas, talvez a mais importante seja a chamada "cura do sal", que consiste na sua estocagem de um ano para o outro, por exposição ao ar ambiente (sol e vento), com o fim de diminuir o teor de sais de cálcio e magnésio, bem como depurá-lo de outros contaminantes. Com relação à sua cura por envelhecimento durante muito tempo, acreditou-se que o sal sofreria depuração, tornando-se livre de grande parte das bactérias, inclusive daquelas responsáveis pelo vermelhão e, também, de contaminantes químicos.

Todavia, SCHNEIDER e col. (1960) utilizando 40 amostras de sal conservado em laboratório durante três anos na embalagem original, não conseguiram eliminar a flora halofílica, mostrando que os responsáveis por tal contaminação não são afetados por esta prática (37) que é completamente inócua e que, ainda, causa o encarescimento do produto.

Por se tratar de um produto proveniente do meio marinho, o sal apresenta contaminações por vários microorganismos, podendo, inclusive, conter bactérias halofílicas cromogênicas ou não, as quais são responsáveis por um defeito grave em produtos protéicos e conhecido como "vermelhão".

SCHNEIDER e col. (1958) em estudando a alteração conhecida como vermelhão do charque, isolaram um halófilo estrito cromogênico vermelho, que classificaram-no como *Halobacterium cutirubrum*. Citando sua ocorrência em outros produtos de origem animal, descreveram sua reprodução em carne salgada, pescado, couro e tripas salgadas (38).

GUTHEIL (1956) menciona a incidência de *M. epidermidis* que isolou em charque rançoso proveniente de "pilha de inverno" e remetido ao mercado nortista. Depois de elaborar ensaio de laboratório, apoiado no sentido mais amplo da definição de BAT e SMITH para rancidez, concluiu que a ação enzimica seria um processo contrário do *M. epidermidis*, se constitui em uma das causas da rancidez da gordura do charque. Acrescenta ainda que, possivelmente, o desenvolvimento do *M. epidermidis* e outros microorganismos na carne salgada e armazenada em "pilhas de inverno" seja responsável pelo sabor e aroma - características do charque dessa categoria (14).

GUTHEIL (1958) em trabalho sobre salmouras usadas na elaboração do charque, também realizou contagens globais de bactérias em sais destinados às charqueadas, usando gelose nutritiva contendo 25% de cloreto de sódio, concentração esta adotada para corresponder à densidade usual das salmouras no fabrico do charque. Este autor constatou contagens entre 36.000 e 980.000 bactérias por grama de sal. No mesmo trabalho relata as contagens efetuadas no sal marinho nacional, de bactérias halófilas, em placas com meio de DUSSAULT e LACHANCE (10), na presença de 25% de NaCl, com contagens entre 16.000 e 2.120.000 bactérias por grama de sal (14), (15).

2.2.1.2. Tipos de salga :

Desde os tempos mais remotos têm sido usados, basicamente, três métodos de salga que são designados por: 1) salga a seco; 2) salga úmida; e 3) salga mista (05), (30).

1) Salga a seco

Se cristais de cloreto de sódio são aplicados à carne, eles se dissolvem no líquido desta, próximo à superfície, penetrando lentamente, até que a concentração de sal se torne, aproximadamente, igual em toda a substância cárnea (42).

O sal devido à sua higroscopicidade, atrai para a superfície parte do líquido da carne, no qual se dissolve, retirando dela assim, uma certa porção de umidade.

Esta ação desidratante é um fator muito importante na conservação e pode ser demonstrado microscopicamente na carne salgada que, comparada com a carne fresca, mostra uma diminuição no tamanho dos pedaços intercelulares, em consequência da perda de água (42).

2) Salga úmida

Segundo THORNTON (42), salga úmida consiste na imersão da carne em uma solução salina, na qual, inicialmente, o sal passa da salmoura para os fluídos da carne e, finalmente, uma certa quantidade de água da salmoura passa também para o interior da carne.

A carne, portanto, durante a salga em salmoura, mostra um gradual aumento de peso e, ao microscópio, os espaços entre as células musculares se mostram dilatados em virtude da penetração da água (42).

O máximo aumento de peso, durante a salga, é obtido em cerca de três semanas. Na cura usual de quatro dias, o ganho de peso não atinge mais que 7%, sendo que cerca de 2 1/2% se perdem durante o subsequente empilhamento (42).

Embora o peso da carne seja aumentado pela salmoura, nesse processo há perdas de componentes solúveis, como creatina, carnosina e outros compostos nitrogenados e, ainda, sais de fósforo e potássio (42). A perda é maior na salga úmida do que na salga a seco, e a carne conservada, tanto a seco como em salmoura, deve ser considerada como tendo um valor nutritivo ligeiramente inferior ao

da carne fresca correspondente. Em face de a carne salgada em salmoura conter mais água que a carne salgada a seco, suas características de conservação são mais precárias, requerendo, portanto, um consumo mais rápido (42).

3) Salga mista

Segundo a maioria dos autores, a salga mista consiste em processar-se, em um primeiro estágio, a salga da carne em salmoura, e, posteriormente, efetuar-se a salga a seco. Este é, justamente, o método tradicionalmente utilizado no fabrico do charque e que mais de perto nos interessa.

2.2.1.3. Mecanismo da salga

VOSKRESENSKY (05) divide o fenômeno da salga em três fases: Na primeira, o músculo é submetido a uma alta pressão osmótica e neste período o movimento do sal para seu interior é acompanhado por um movimento mais ativo da saída de água e consequentemente resulta em perda de peso do produto.

Na segunda etapa da salga não se constata diferença entre a taxa de sal que penetra no músculo e a água liberada, igualando-se a concentração em sua superfície com a concentração da salmoura circulante.

Na terceira fase, pequena quantidade de sal ainda se move para o interior do tecido, sendo que a concentração de sal nos fluídos circulares em todo o músculo ainda aumenta, para, finalmente, igualar-se à concentração da salmoura ambiente, chegando ao ponto de equilíbrio.

2.2.2. Secagem

2.2.2.1. O Processo de secagem

Secagem é um processo de transferências simultâneas de calor e umidade entre o produto e o ambiente. O calor é requerido para evaporar a umidade da superfície do produto através de um agente externo, geralmente o ar. Estas trocas variam para diferen-

tes métodos de secagem e diferentes pontos da camada secante (06).

Na indústria de secagem de alimentos é da máxima importância o concurso de um processo, o tanto quanto possível, rápido e econômico, que proporcione um produto da melhor qualidade. Por isso, é particularmente importante, no estudo da secagem, a determinação dos fatores que conduzem a uma redução do tempo desta operação sem que o produto sofra prejuízos nos seus padrões nutricionais e no seu poder de reconstituição.

Os principais fatores que afetam a velocidade de secagem são:

- a) As propriedades físicas do produto;
- b) O arranjo geométrico do produto em relação ao meio ou superfície de transferência de calor;
- c) A temperatura, a umidade e a vazão do ar de secagem;
- d) As características do equipamento de secagem (22).

Embora estes fatores caracterizem a perda de peso que se observa durante a secagem, poucos dados existem com respeito às alterações de ordem física que ocorrem na estrutura do produto no decurso da secagem, que são, sem dúvida, os principais responsáveis pelas características da qualidade do produto final. Os aspectos mais importantes de qualidade a serem observados são:

- a) O valor nutricional do alimento;
- b) Perda de componentes voláteis;
- c) Escurecimento não-enzímicos, através da reação de Maillard;
- d) Retração durante a secagem;
- e) Poder de absorção e re-hidratação;
- f) Estabilidade na estocagem (22).

Alguns produtos biológicos, ao serem secos, exibem no início da secagem uma velocidade constante de perda de umidade e ao atingirem o teor de umidade "crítica", sua velocidade decresce gradativamente à medida que a secagem prossegue (05).

O período de velocidade constante termina quando a velocidade de migração de água do interior do produto para a superfície se torna menor que a velocidade de evaporação da água da mesma. Deste modo, pode-se afirmar que a velocidade de secagem é controlada pela migração de umidade do interior do produto para a superfície (06).

A umidade final do produto após a secagem é determinada pelas condições de temperatura e umidade do ar de secagem que definem uma umidade de "equilíbrio" final do produto (06).

2.2.2.2. Simulação matemática de secagem

No que respeita ao charque, nenhuma informação se encontrou na literatura consultada, sobre as características quantitativas de seu processo de secagem. Encontraram-se, porém pesquisas importantes sobre a quantificação da secagem em outros materiais biológicos, cuja base fundamental consiste no desenvolvimento de um modelo matemático (simulação matemática) com o qual é possível prever o processo da secagem (03), (40), (43), (44), (46).

Mediante a técnica da simulação matemática, grande quantidade de informações pode ser obtida por permitir, de forma rápida e econômica, a análise de alternativas para que se possa selecionar a que melhor se enquadra na secagem de um produto particular (44).

THOMPSON e col. (40) desenvolveram um modelo matemático com o qual é possível prever a secagem de uma camada delgada de um produto biológico sob diferentes condições de secagem

O modelo de simulação desenvolvido incorpora os fatores que afetam o mecanismo da secagem e, com ele, é possível estabelecer o efeito desses parâmetros referentes ao processo. O mesmo modelo se baseia em um sistema com o qual se calcula, matematicamente, a secagem da camada delgada, tornando-se possível a predição da secagem de uma camada espessa por ser formada pela combinação dessas camadas.

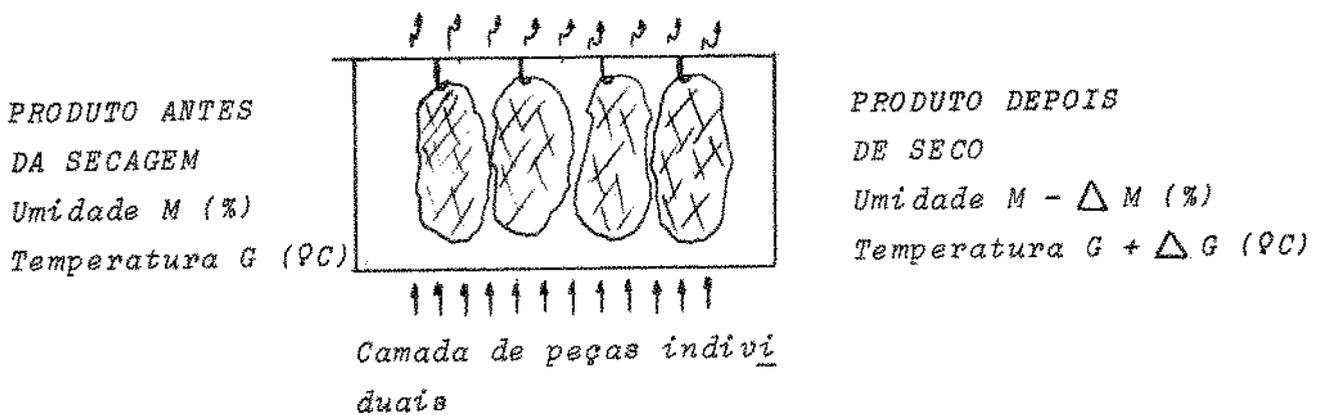
A simulação matemática de uma camada de peças individuais aplicada à secagem do charque pode ser efetuada, considerando as mudanças que ocorrem no produto e no meio secante (Fig. 6).

AR DEPOIS DE PASSAR PELA CAMADA SECANTE

Temperatura $T - \Delta T$ ($^{\circ}C$)

Umidade absoluta final

$H + \Delta H$ (Kg de água/Kg de ar seco)



AR ANTES DE PASSAR PELA CAMADA SECANTE

Temperatura T ($^{\circ}C$)

Umidade absoluta inicial

H (Kg de água/Kg de ar seco)

Δt - intervalo de tempo de secagem

Figura 6 - Diagrama esquemático de simulação de secagem de peças individuais de charque.

Por meio de balanços de energia e massa, podem ser previstas as condições finais do charque e do ar após um intervalo de tempo Δt .

Para simular condições reais de operação de secadores, determinam-se as condições finais do primeiro conjunto de peças individuais em contato com o ar de secagem. Estas condições finais são usadas como iniciais para simular a secagem no segundo con

junto e assim sucessivamente, até completar todas as camadas do material. Então, prossegue-se a simulação para um segundo intervalo Δt , procedendo-se desta maneira, até completar o tempo de secagem.

2.2.2.3. Propriedades do produto em relação à secagem

Para aplicar o modelo de Thompson à secagem de um dado produto, precisa-se conhecer algumas propriedades ou parâmetros do produto que o caracterizam em relação à secagem. Tais parâmetros são:

- 1) Curvas de secagem em camada delgada ou peças individuais;
- 2) Curvas de equilíbrio de umidade;
- 3) Calor latente de vaporização e
- 4) Calor específico (40).

1. Curvas de secagem em peças individuais

As curvas de secagem em peças individuais representam o comportamento individual das peças totalmente exposta durante a secagem (06).

Para a determinação deste comportamento existem os chamados métodos estáticos e dinâmicos que consistem basicamente, em medir experimentalmente a perda de peso de peças individuais do produto como uma função do tempo sob condições controladas de temperatura, umidade e vazão de ar secante. A diferença entre os métodos estático e dinâmico reside no fato de que no primeiro se faz necessário um grande número de testes a diferentes condições constantes de temperatura e umidade do ar. No método dinâmico um só teste é suficiente, sendo a análise matemática dos dados geralmente mais complexa que a do método estático (31).

Para equacionar o comportamento de um produto em camada delgada (equação que substitui a de difusão de massa nos modelos matemáticos), várias equações têm sido propostas (04), (08), (18), (32), VILLA e BANCHI (46) apresentaram uma revisão bibliográfica so

bre as diferentes equações desenvolvidas para vários produtos biológicos. Anotaram, estes autores, que a aplicabilidade de tais equações é limitada à faixa de condições sobre as quais os experimentos são efetuados.

Entre as equações empíricas desenvolvidas para quantificar o comportamento das partículas de um produto totalmente expostas durante a secagem, destaca-se a desenvolvida por ROA e MACEDO (32) devido sua simplicidade, precisão, fundamentação física e por ter demonstrado um amplo aspecto de aplicabilidade a diferentes produtos (46). A equação é a seguinte:

$$MR = (M - M_e) / (M_o - M_e) = \exp \left[-n (P_{vs} - P_v) P t^q \right] \quad (1)$$

sendo:

- MR = Relação de umidade, adimensional;
- M = Teor de umidade do material no tempo t, base seca, decimal;
- M_e = Umidade de equilíbrio do produto, base seca, decimal;
- exp = Base dos logarítimos neperianos;
- P_{vs} = Pressão de vapor de saturação, Kg/m²;
- P_v = Pressão de vapor do produto, Kg/m²;
- t = Tempo de secagem, hora;
- m,n,q = Parâmetros do produto.

Não se encontrou na literatura consultada nenhum trabalho sobre o comportamento de peças individuais de charque. Por isso, a determinação deste comportamento é um dos objetivos deste trabalho.

2. Curvas de equilíbrio de umidade

Cada produto biológico apresenta uma pressão de vapor característica a certa temperatura e teor de umidade. Essa pressão de vapor define se o produto perde ou ganha água, quando coloca-

cado num dado ambiente. Quando a pressão de vapor do produto é igual à pressão do vapor da água no ambiente, o teor de umidade do produto é sua umidade de equilíbrio. Se o teor de umidade de equilíbrio é graficado contra umidades relativas, para uma temperatura constante resulta uma curva chamada sigmóide. O conjunto de várias curvas para diferentes temperaturas é chamado isotermas de umidade de equilíbrio (06).

Por sua importância na secagem e armazenamento de produtos, estas curvas foram obtidas para um grande número de substâncias biológicas (05), (06), (16), (17), (29).

Os métodos usados para a determinação dos dados experimentais consistem, basicamente em expor o produto a condições constantes de temperatura e umidade, até conseguir o equilíbrio. Existem duas técnicas para se conseguir esse equilíbrio: 1) O método estático; e o 2) método dinâmico. O primeiro permite o produto chegar ao equilíbrio sem movimentação de ar. No segundo o ar é movimentado mecânicamente. Em geral, o método dinâmico é mais rápido (06).

Para condições de alta umidade relativa, os métodos anteriores são limitados, devido à demora, até de semanas, para se conseguir o equilíbrio.

ROA e col. (31) desenvolveram um método rápido, especialmente aplicável a teores altos de umidade relativa, o qual consiste em obter as condições de equilíbrio ao fixar a pressão de vapor da superfície do produto e deixar que a pressão de vapor do ar atinja o mesmo valor, ganhando e perdendo quantidades relativamente pequenas de água. O equilíbrio se obtém quase que imediatamente.

Para manter constante a temperatura durante a determinação experimental de uma isoterma de equilíbrio pelos métodos estático e dinâmico, usa-se um controle termostático. A umidade relativa geralmente é controlada pelo uso de ácidos ou soluções saturadas de sais, que regulam a pressão de vapor do ar que circula o produto (17).

Soluções aquosas de ácido sulfúrico ou ácido clorídrico a várias concentrações podem servir para controlar a umidade relativa do ar entre 0 e 100%. A pressão de vapor resultante do uso de cada solução ácida depende do produto químico usado, da concentra

ção e da temperatura. Estes ácidos têm algumas limitações em seu uso devido à sua periculosidade e às variações da concentração com o tempo (17).

Soluções saturadas de sais são mais seguras, sendo mais fácil manter sua condição de saturação. HALL (17) apresenta in formação exaustiva sobre as condições de temperatura e umidade relativa do uso de diferentes ácidos e sais. Na tabela 3 apresentam-se alguns valores de umidades relativas obtidos a partir de sete soluções de sais a quatro diferentes temperaturas. Estes sais são recomendados por BROOKER e col. (06) para cobrir uma faixa ampla de condições de temperatura e umidade, na determinação das curvas de umidade de equilíbrio.

TABELA 3

Umidades Relativas (%) a diferentes temperaturas com soluções saturadas de sais (17)

Temperatura °C	LiCl	MgCl ₂ · 6H ₂ O	Mg(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	NaCl	(NH ₄) ₂ SO ₄	KNO ₃	K ₂ SO ₄
10	13,3	34,2	57,8	75,4	81,8	95,5	97,9
32	11,9	32,6	51,9	75,6	80,0	90,0	96,5
48	11,5	31,6	47,3	74,8	79,1	85,3	95,8
68	11,1	30,3	42,2	73,2	78,0	78,0	95,0

Um grande número de modelos matemáticos encontra-se na literatura para equacionar o equilíbrio de umidade (06), (21), (33) (40), (41).

Entre estas equações, merece destaque aquela desenvolvida por ROA (33), por sua precisão e por ter demonstrado ampla aplicabilidade a diferentes produtos biológicos (34). A equação é a seguinte:

$$Me = (p_1 RH + p_2 RH^2 + p_3 RH^3) \exp \left[(q_0 + q_1 RH + q_2 RH^2 + q_3 RH^3) (T_{abs}) \right] \quad (2)$$

sendo:

Me = Teor de umidade de equilíbrio, % base seca;
RH = Teor de umidade relativa, decimal;
T_{abs} = Temperatura do ar (°K);
P₁, P₂, P₃, q₀, q₁, q₂, q₃ = Constantes do produto;
Exp = Base dos logaritmos neperianos.

Na literatura consultada não se encontrou nenhuma referência sobre o equilíbrio de umidade do charque. Por isso, a determinação deste parâmetro é um dos objetivos do presente trabalho.

3. Calor Latente de vaporização

O calor de vaporização da H₂O de um produto é definido como a energia requerida para evaporar sua umidade. Esta energia é função da temperatura e umidade do produto (06).

OTHMER (11) (27), desenvolveu um método para determinar o calor latente de vaporização em base a dados de teor de umidade em equilíbrio. A seguinte relação, por ele obtida, serve para calcular o calor latente de vaporização de produtos biológicos:

$$\ln P_v / \ln P'_v = h_{fg} / h'_{fg} + q \quad (3)$$

onde:

P_v = Pressão de vapor da H₂O do produto;

P'_v = Pressão de vapor de saturação;

Ln = Logaritmo neperiano;

h_{fg} = Calor latente de vaporização da umidade do produto;

h'_{fg} = Calor latente de vaporização da água livre;

q = Constante que depende da temperatura e da natureza do produto.

Pela equação (3) pode-se determinar a relação h_{fg} / h'_{fg} para diferentes umidades do produto, com base nas curvas de umi

dade em equilíbrio, condição pela qual se conhece que a pressão de vapor no ar é igual à pressão de vapor no produto.

Finalmente, a seguinte equação pode ser usada para estabelecer a relação entre o calor latente de vaporização da água no produto e o da água livre (11):

$$h_{fg}/h'_{fg} = 1 + \alpha e^{-\beta M} \quad (4)$$

onde :

M = Teor de umidade do produto, % base seca;

α e β = Constantes do produto.

Encontram-se na literatura os valores de α e β da equação (4) para vários produtos agrícolas (41). Como não foram encontrados tais valores para carne salgada, este será um dos objetivos do presente trabalho.

4. Calor específico

Calor específico é a quantidade de calor que se deve aplicar à unidade de massa para elevar de um grau a sua temperatura (06).

O calor específico de um material biológico pode ser determinado experimentalmente, por meio de um calorímetro, no chamado método "das misturas" (23). Expressões simplificadas do calor específico de um produto como função dos calores específicos de seus componentes também foram desenvolvidas (19).

DICKERSON (09) apresentou a seguinte expressão, ao considerar o produto como composto de matéria seca e água, a qual tem sido usada consideravelmente para alimentos de alto teor de umidade:

$$C_p = 0,4 + 0,006M \quad (5)$$

sendo:

C_p = Calor específico do produto;

M = Teor de umidade, base úmida decimal.

A expressão da equação (5) tem sido usada para produtos cárneos e parece ser coerente para teores de unidade acima de 26% (09).

CHARM (07) trabalhando com produtos biológicos, formulou uma expressão com resultados bastante satisfatórios, mostrando que os calores específicos apresentam propriedades aditivas de acordo com as proporções dos componentes do produto, ou seja:

$$C_P = 0,5X_g + 0,3X_s + 1,0X_u \quad (6)$$

sendo:

X_g = fração de gordura

X_s = fração de sólidos totais

X_u = fração de água

onde os valores de 0,5; 0,3 e 1,0 são os calores específicos da gordura, dos sólidos e da água no produto, respectivamente.

Com este conceito, o mesmo autor mostrou que a expressão pode ser expandida, incorporando calores específicos de outros componentes do produto para dar a seguinte expressão:

$$C_P = 0,34X_C + 0,37X_P + 0,4X_g + 0,2X_s + 1,0X_u \quad (7)$$

sendo:

X_C = fração de carboidratos

X_P = fração de proteínas

X_g = fração de gordura

X_s = fração de sais

X_u = fração de água

onde: 0,40 é o calor específico da gordura na forma sólida comparada ao valor de 0,50 da equação (6) para a gordura líquida.

Como não se encontrou na literatura consultada informação alguma sobre o calor específico do charque, a determinação deste parâmetro é um dos objetivos do presente trabalho.

2.2.2.4. Métodos de secagem

Os métodos de secagem de produtos biológicos podem classificar-se, de acordo com o tipo de fonte de energia usada, em métodos de secagem natural e artificial.

Nos métodos de secagem natural o produto é seco por simples exposição às condições atmosféricas onde a fonte de calor é a energia solar.

O produto geralmente é estendido numa grande área, onde é virado periodicamente com o fim de produzir uma secagem uniforme (45). Obtém-se, aí, uma secagem em que a transferência de calor é a combinação da radiação direta do sol e o aquecimento por convecção natural pela atmosfera envolvente. Este é o caso da secagem do charque, tradicionalmente feita pela nossa indústria.

Um outro procedimento de secagem natural consiste em aquecer o ar por meio de coletor solar e efetuar a convecção forçada com ventiladores, fazendo uso mais eficiente das condições atmosféricas. Este procedimento, além de outras vantagens, tem por finalidade reduzir a mão-de-obra, área de exposição do produto, perdas, contaminações, e quando comparado com a secagem artificial, fornece inúmeras vantagens, tais como, baixo custo operacional, fácil operação, diminuição ou eliminação do uso de combustíveis. Essas vantagens naturalmente tendem a fazer com que o processo de convecção natural seja superado por aquele de convecção forçada (43), (47) (49).

Na secagem artificial usam-se combustíveis fósseis para o aquecimento do ar de secagem. Os métodos utilizados para secar artificialmente o produto tem a seguinte classificação:

a) Secagem direta com ar, que consiste em se colocar o alimento em contato com uma corrente de ar quente. Neste caso, a maior quantidade de calor é fornecida ao alimento, por convecção;

b) Secagem por contato com uma superfície quente, sendo a maior parte do calor fornecida ao alimento, por condução;

c) Secagem por aplicação de energia procedente de uma fonte radiante, de microonda ou dielétrica;

d) Secagem por congelação, que consiste em se congelar a umidade contida no alimento, efetuando-se, em seguida, a sua sublimação, normalmente por aplicação de calor em condições de pressões baixas (25).

Com relação à secagem do charque, encontrou-se na literatura um único trabalho de PARDI (28) onde são descritos três métodos para a sua secagem.

Em primeiro lugar, fala-se da dessecação ao meio ambiente, por exposição das "mantas" aos raios solares e aos ventos, como é feito tradicionalmente. Em seguida, trata da dessecação climatizada, que de acordo com a denominação de SCHARRA (28) consiste na secagem do charque com emprego de estufas especiais, podendo o aquecimento ser por meio de serpentinas ou através de queimadores de óleo combinado com ventoinhas, ou outras fontes quaisquer de calor. Por fim, sugere a combinação dos dois métodos como uma técnica para ser usada em qualquer oportunidade, uma vez que, além das estendidas iniciais do produto ao sol, o que propicia uma tonalidade amarelada na gordura de cobertura, fator este muito favorável do ponto de vista de aparência comercial, permite o trabalho noturno, acelerando o processo.

Embora nenhum estudo orientado desses processos tenha efetuado, PARDI (28) conclui, afirmando que a secagem do charque, pelo processo climatizado ou pelo processo combinado, desde que cientificamente controlada, poderá servir para obter um ótimo na sua maturação, além de levar a técnica com mais segurança à padronização do produto.

2.2.2.5. Condições de secagem

Em relação à temperatura, umidade e vazão de ar necessárias para a secagem de produtos biológicos para diferentes méto

dos, encontrou-se um grande numero de trabalhos e de recomendações no caso da secagem de grãos e sementes (06), (17), (35), (41).

Sobre produtos salgados, a informação encontrada se restringe a peixe e quase unicamente à temperatura de operação.

SANCHES e LAN (36) citam que 28°C é a temperatura ideal para a secagem de merluza, com a qual se obtém um produto de qualidades físicas, químicas e organolépticas aceitáveis ao mercado consumidor.

WIRTS e col. (51) ao efetuarem a secagem de cação e pescada, demonstraram que quando estes produtos são secos a 30 e a 35°C, resultam um produto de boa qualidade, o que não ocorre ao ser feita a 45°C.

QUEIROZ, M.I. (30) verificando a influência da secagem de pescado salgado, com uso de coletores solares, observou que o tempo de secagem neste sistema é comparável com outros de secagem artificial. Efetuando secagem de corvina salgada em secador túnel e sistema de aquecimento solar, verificou não haver aumento na suscetibilidade de sua oxidação, e que em condições médias de umidade relativa (80%) e temperatura (25°C) ambientes, a secagem da corvina salgada pode ser realizada em temperaturas inferiores a 40°C e vazão de ar de aproximadamente 10m³/min./ton.

3. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos:

3.1. Estudar a secagem do charque pelo sistema de convecção forçada com a utilização de coletores solares, objetivando acelerar o processo e reduzir os riscos da deterioração do produto.

3.2. Comparar o processo com o tradicionalmente usado pela indústria do charque.

3.3. Determinar alguns dos parâmetros que caracterizam o comportamento do charque com relação à sua secagem:

- a) curvas de equilíbrio de umidade;
- b) curvas de secagem de peças individuais;
- c) calor latente de vaporização;
- d) calor específico.

3.4. Adaptar um modelo matemático de secagem do charque, baseado em trabalhos de THOMPSON e col. (1971), que permita analisar e otimizar os métodos atuais.

3.5. Estabelecer condições mais apropriadas para seu processamento, oferecendo opções para o melhoramento do processo de secagem, por métodos práticos e provavelmente econômicos, sem que as características inerentes ao produto final sejam significativamente alteradas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

4.1.1. Matéria-Prima, reagentes, aditivos e ingredientes

<u>Substâncias</u>	<u>Quantidades</u>
- Mantas de carne bovina	195,0 Kg
- Sal grosso comercial	260,0 Kg
- Sal fino comercial	25,0 Kg
- Acetato de potássio	1,0 Kg
- Cloreto de magnésio	970,0 g
- Carbonato de potássio	700,0 g
- Brometo de sódio	550,0 g
- Nitrato de sódio	800,0 g
- Cloreto de sódio 95% puro	300,0 g
- Nitrato de potássio	420,0 g
- Outras substâncias utilizadas nas análises químicas e microbiológicas do produto nas quantidades descritas em 4.2.	

4.1.2. Aparelhos de laboratório e de secagem

- Secador tipo "varal" (Figs. 7 e 8)
- Uma câmara de secagem solar (Figs. 10 e 13)
- Um secador de tubo perfurado (Figs. 9 e 12)
- Dois coletores solares de 8 m² (Figs. 10 e 13)
- Dois ventiladores com motor de 1 H.P.
- Um condicionador de ar "AMINCO" (Fig. 14)
- Uma estufa para determinação de peso seco das amostras
- Quatro câmaras com temperaturas controladas para determinar equilíbrio de umidade

- Uma balança comercial de 25 kg de capacidade
- Uma balança analítica de 200 g de capacidade com aproximação de até dez milésimos de gramas
- Um psicrômetro
- Cinco termômetros de mercúrio comuns
- Um termoanemômetro
- Outros aparelhos, como "goldfish", digestor, destilador, micro-kjedall, titulador, autoclave, etc., constantes nos métodos descritos em 4.2.

4.2. Métodos

4.2.1. Comparação de métodos de secagem

Na tentativa de melhorar o aproveitamento da energia solar na secagem natural do charque, após a construção de quatro diferentes protótipos de secadores experimentais, efetuaram-se secagens simultâneas do produto, visando a comparar seu desempenho sob condições semelhantes. Os métodos foram comparados com base na velocidade de secagem e nas qualidades finais do produto, avaliadas organolepticamente.

Em um dos processos de secagem utilizou-se um secador do tipo empregado nas charqueadas (testemunha), tradicionalmente chamado "varal" (Fig. 7) que foi feito de madeira com dois metros de altura e um metro e vinte e cinco centímetros de comprimento, e que tinha uma orientação Oriente-Occidente, para distribuição mais uniforme dos raios solares. Neste varal as mantas eram colocadas dobradas, tal como é feito industrialmente.

Para o segundo sistema de secagem foi construído um secador com características semelhantes às do primeiro. Porém, neste colocaram-se ganchos, onde as mantas de carne ficavam penduradas e abertas (Fig. 8).

O terceiro protótipo consistiu, basicamente, de um tubo perfurado, acima do qual se construiu um varal onde a matéria-prima deveria ser estendida (Fig. 9). Fechou-se numa das extremidades do tubo e à outra foi-lhe adaptado um sistema ventilador-co

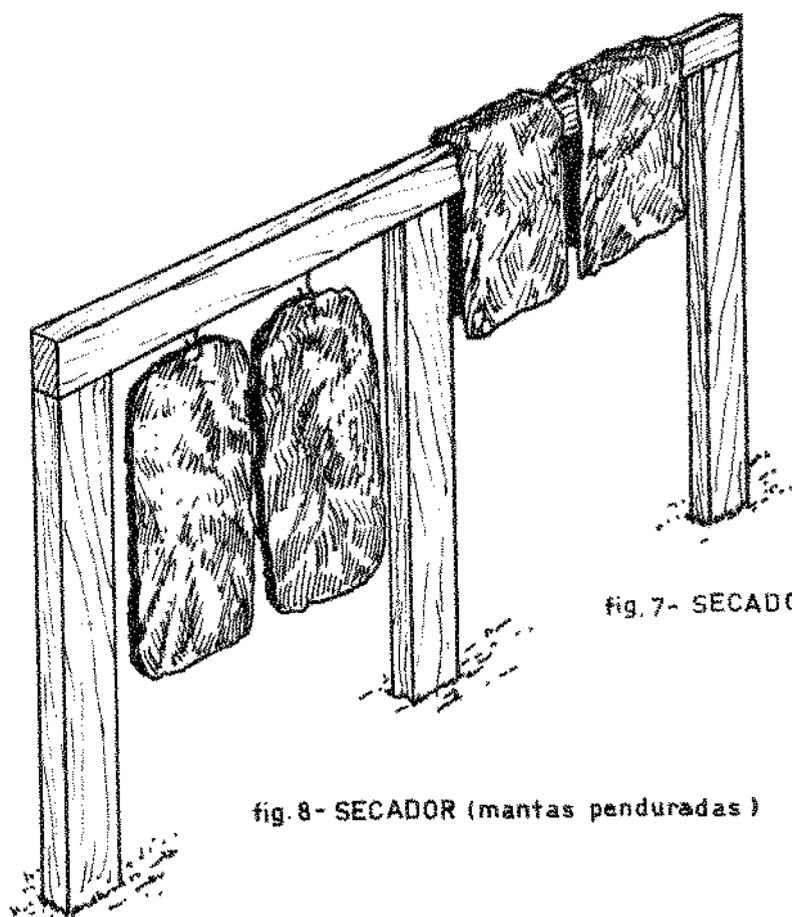


fig. 7- SECADOR (mantas dobradas)

fig. 8- SECADOR (mantas penduradas)

Figuras 7 e. 8. Secadores Tipo "Varal"

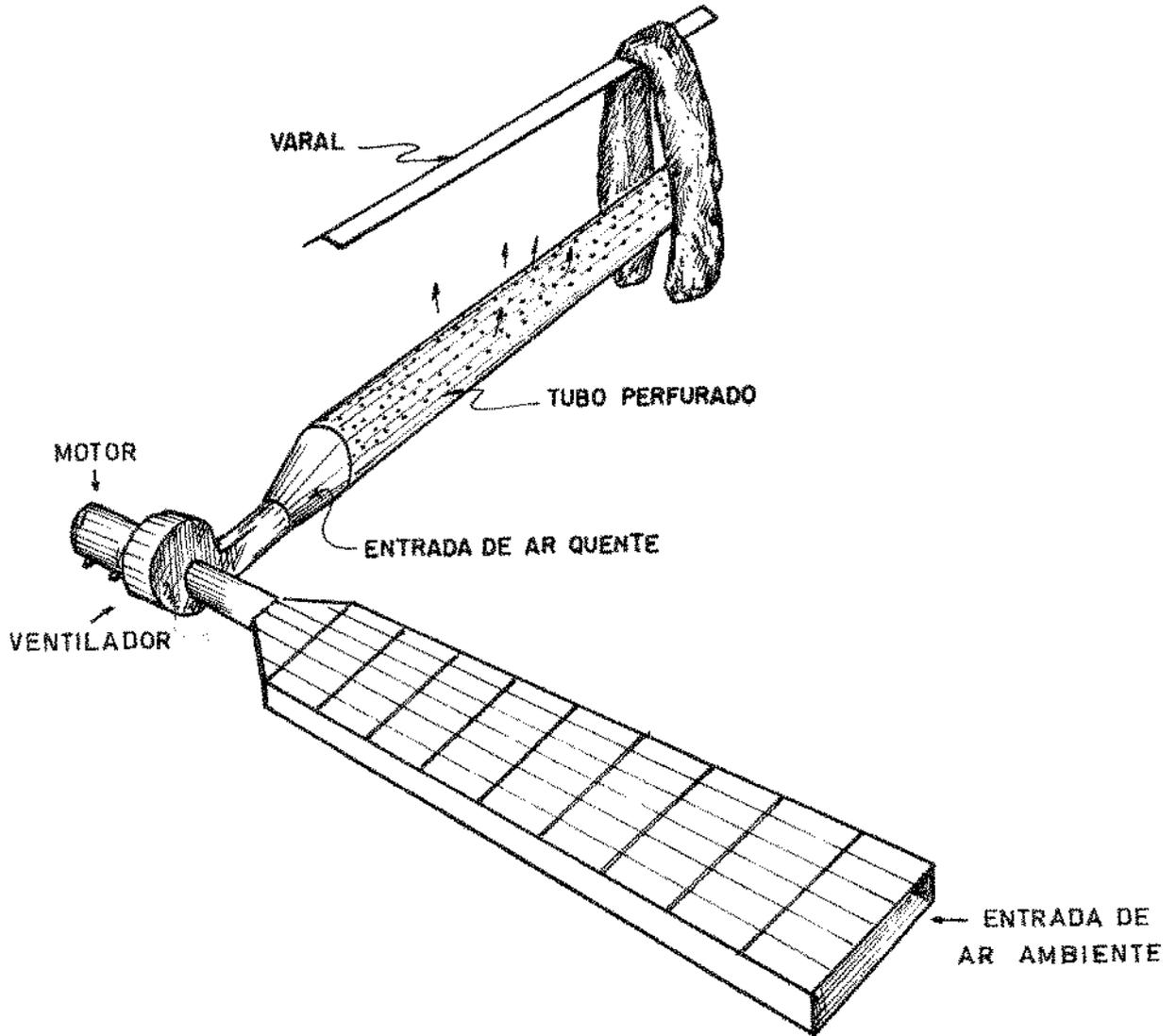


FIGURA 9 - SECADOR DE TUBO PERFORADO

letor solar que quando em funcionamento emitia um fluxo de ar quente de aproximadamente $23,57 \text{ m}^3/\text{min}$. Perfurações com $\frac{1}{4}$ de polegada foram efetuadas ao longo do tubo por onde passava o ar aquecido para a superfície inferior das mantas.

Por fim, utilizou-se um secador de aço, em forma de câmara, cujas dimensões eram de 1,40m de comprimento por 0,60 m de largura (Fig. 10). Havia em sua lateral uma porta e na parte inferior uma chapa perfurada, cujas perfurações tinham diâmetros de 2,0mm, correspondendo a 10% da área total. A chapa tinha por finalidade melhorar a distribuição de ar, através de todo o produto que era mantido pendurado por ganchos na parte superior do secador. Ainda na lateral, logo abaixo da chapa perfurada, havia uma abertura onde lhe foi acoplado um ventilador que succionava o ar, também aquecido por coletor solar, numa vazão constante de $23,53 \text{ m}^3/\text{min}$. Na entrada e saída do secador havia perfurações onde termômetros de bulbo úmido foram introduzidos.

As dimensões dos coletores usados no secador de tubo e na câmara eram de 8 m de comprimento por 1 m de largura, ocupando uma área de 8 m^2 . Sua construção era feita, basicamente, com chapas de alumínio de 0,2 mm de espessura, sendo que a superfície da chapa exposta aos raios solares era revestida de preto-fosco, tendo por objetivo transformar grande parte de radiação incidente em energia térmica que, por convecção, era transferida ao secador.

Com o propósito de reduzir as perdas por convecção e radiação para a atmosfera, o coletor foi envolto por uma fibra de vidro transparente à radiação solar que também constituía um duto para o ar.

Antes de iniciar os testes de secagem, efetuou-se o preparo das mantas, utilizando dois lotes de carne bovina (ponta-de-agulha) resfriada a 8°C , obtidos em um matadouro-frigorífico vizinho de Campinas. Estes lotes (I e II), pesando 110 Kg cada, foram processados no próprio estabelecimento, de conformidade com o processo tradicional de fabrico do charque descrito em 2.1., até a fase que precede a secagem. Do frigorífico foram transportados até os laboratórios da UNICAMP para os testes comparativos de secagem natu-

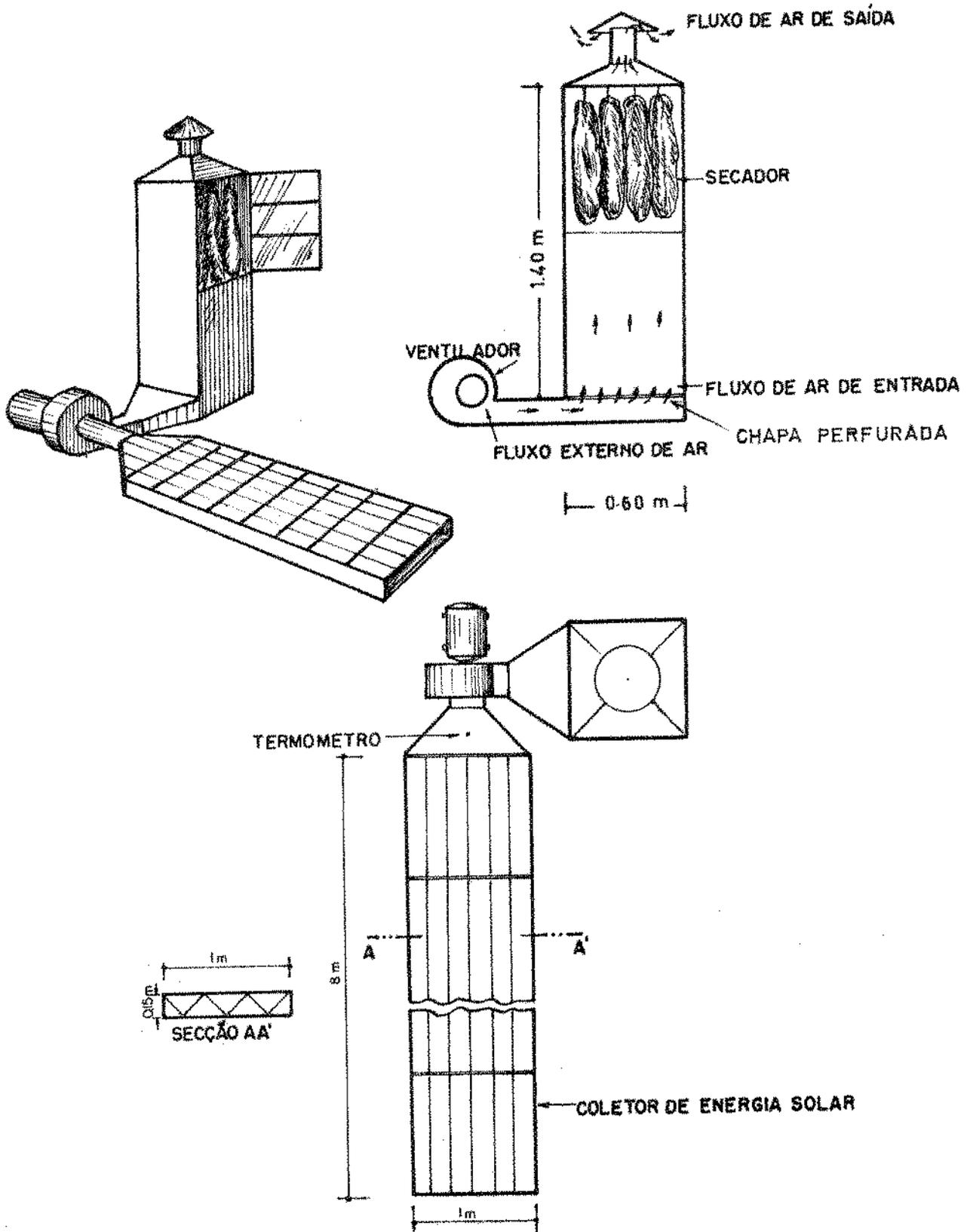


FIGURA 10.- COLETOR DE ENERGIA SOLAR ADAPTADO À CÂMARA DE SECAGEM DE CHARQUE

ral com ou sem uso de coletores. O lote I foi processado em outubro de 1976 e, o lote II, em novembro do mesmo ano.

Para comparar a eficiência da secagem com os diferentes tipos de secadores, foram efetuados, em cada um deles, dois testes de secagem para os quais se utilizaram 22 mantas de carne salgada cuja espessura média era de 19,20 mm e 0,25 m² de área, pesando aproximadamente 10 Kg que, após codificadas ficaram assim distribuídas:

Lote I (Outubro de 1976)

Tipo de secador	Disposição das mantas	Número das mantas				
Varal	Dobradas	1	2	-	-	-
Varal	Penduradas e abertas	3	4	-	-	-
Câmara	Penduradas	5	6	7	8	-
Sistema conjugado (tubo)	Dobradas	9	10	11	-	-

Lote II (novembro de 1976)

Tipo de secador	Disposição das mantas	Número de mantas				
Varal	Dobradas	12	13	-	-	-
Varal	Penduradas e abertas	14	15	-	-	-
Câmara	Penduradas	16	17	18	19	-
Sistema conjugado	Dobradas	20	21	22	-	-

Imediatamente antes de começar os testes em cada lote, foram coletadas amostras e determinadas suas umidades iniciais médias, colocando-as na estufa a 105°C durante 24 horas. As mantas foram então colocadas nos secadores, iniciando-se a secagem. No método tradicional, Fig. 7, as mantas foram dispostas com as porções gordurosas dobradas para baixo, para diminuir a oxidação superficial sendo estas invertidas à medida que a secagem progredia. A pesagem de cada manta era efetuada a cada três horas até o final do processo. As condições ambientais (temperatura e umidade) eram determinadas a cada meia hora durante a secagem. Após cada estendida, com as

peças ainda quentes, estas eram empilhadas e cobertas com encerado para favorecer a fermentação.

No segundo sistema (mantas penduradas) Fig. 8, os dois experimentos foram realizados em condições não muito diferentes das anteriores. Para este procedimento, a única diferença observada foi o fato de se disporem as mantas penduradas por ganchos de arame e abertas, para se verificar se havia ou não diferença significativa na velocidade de secagem entre estes dois sistemas. Aí eram também feitas pesagens do produto a cada três horas, para verificar o progresso da variação de umidade à medida que a secagem se processava.

Já no secador de tubo (Figs. 9 e 12), as mantas foram dobradas sobre um varal construído a 30 cm acima de um tubo perfurado, em que a secagem também se processava por convecção forçada. Para os experimentos feitos por este sistema foram utilizadas três mantas para cada experimento, tendo as mesmas características das anteriores. Estas, quando estendidas, ficavam em contato entre si, sem superposição, para que houvesse uma distribuição uniforme do ar aquecido por toda a superfície secante. Medidas de temperaturas de bulbo seco eram efetuadas na saída do coletor, a cada meia hora, enquanto que, de três em três horas faziam-se pesagens individuais das mantas, até atingir o teor de umidade desejado. Neste sistema, a secagem ocorreu por convecção e radiação simultâneas. O fenômeno de convecção forçada era efetuado, fazendo-se passar ar quente através das perfurações do tubo que entrava em contato com a superfície inferior das mantas. Aí, o fluxo de calor era aproximadamente perpendicular à direção das fibras. A superfície superior do produto ficou em contato direto com os raios solares e os ventos, onde também ocorreu a secagem, mas, por uma combinação radiação-convecção natural.

Ao final de cada dia de experiência, e para verificar uma possível desidratação ou hidratação durante a noite, o sistema de convecção forçada foi deixado em funcionamento, ficando o secador recoberto com um encerado para isolar a superfície externa das mantas do contato com a atmosfera. No dia seguinte faziam-se

pesagens e inversão das mantas, ao serem estendidas, para que a secagem se processasse uniformemente.

No segundo experimento, as mantas foram recolhidas ao final de cada operação, ficando empilhadas no próprio piso do secador e recobertas com um encerado. Assim se procedeu até o produto atingir o teor de umidade desejado.

No decurso do experimento eram efetuadas pesagens do produto a cada três horas, até o final da secagem.

Nos testes efetuados no secador câmara (Figs. 10 e 13) foram utilizadas quatro mantas de carne salgada para cada experimento, efetuando-se pesagem a cada três horas, até conseguir a umidade desejada. Medidas de temperatura na entrada e saída do secador eram tomadas a cada meia hora, com o uso de termômetros, assim como as de umidade relativa, utilizando um psicrômetro.

Para o primeiro experimento deixavam-se as mantas de carne penduradas no secador ao final de cada dia de operação, até o dia seguinte. Desligava-se todo o sistema de ventilação, além de se eliminar, ao máximo, a penetração de umidade para o interior do secador. Esta era examinada diariamente (antes de se dar continuidade à secagem), por meio de pesagem.

O segundo experimento, realizado em novembro de 1976, foi idêntico ao primeiro, exceto no que diz respeito ao sistema de ventilação, cujo funcionamento também ocorria durante a noite, a fim de se verificar a ocorrência ou não de desidratação durante este período.

Ao término de cada teste de secagem, cerca de 6,0 Kg do produto eram coletados por experimento, para confirmar seus teores de umidade final e efetuar as medidas sensoriais para estudo comparativo dos processos.

Para verificar a ocorrência ou não de modificações significativas nas características sensoriais do produto, duas análises foram efetuadas a diferentes épocas, no Laboratório de Análise Sensorial da UNICAMP. A primeira, logo após o processamento e,

FIGURAS



UMIDADE DE EQUILIBRIO-11



12- SECADOR DE TUBO
(SOLAR)



CÂMARA DE SECAGEM - 13
(SOLAR)



14- SECAGEM ARTIFICIAL

a segunda, após 90 dias de estocagem em prateleiras. O preparo das amostras para tais provas consistiu em deixá-las em maceração (4,0 litros de água por kg de amostra) durante duas horas e cocção em panela de pressão durante 90 minutos, com volume de água igual a seis vezes o peso da amostra. Uma vez cozida e eliminada a água, cubos de aproximadamente dois centímetros eram cortados, misturados entre si, dentro de cada tratamento e retirados para apresentação aos provadores. Para o procedimento da análise sensorial dos pedaços de charque foi escolhido o delineamento estatístico-Blocos incompletos tipo V, onde $t=4$, $k=2$, $r=3$, $b=6$, $\lambda=1$, $E=0,67$, sendo:

T - nº de tratamentos

k - nº de amostras

r - nº de repetições

b - nº de blocos

λ - nº de vezes em que o tratamento pareceu com outro

E - grau de eficiência do tratamento (Por ser relativamente baixa a eficiência, o sorteio foi realizado duas vezes).

O sorteio utilizado foi o seguinte:

REPETIÇÃO I

(1) (2)

(3) (4)

REPETIÇÃO II

(3) (1)

(2) (4)

REPETIÇÃO III

(2) (3)

(4) (1)

Em que:

1 - Secador tradicional - Mantas dobradas;

2 - Secador tradicional - Mantas penduradas e abertas;

3 - Secador de tubo perfurado - Mantas dobradas;

4 - Secador câmara - Mantas penduradas.

As amostras, à temperatura ambiente, eram apresentadas a dez provadores em pratinhos pretos, devidamente codificados. Com o objetivo de minimizar diferença de cor entre os pedaços, as provas eram realizadas em cabinas individuais escuras, sob luz vermelha. Cada provador, previamente selecionado, realizava os tes

tes nas cabines individuais, perfeitamente separadas, evitando-se, desta forma, a troca de informações ou qualquer outra influência entre os provadores. As provas eram realizadas no período da manhã, uma hora antes do almoço, e no período da tarde, duas horas após a refeição.

Cada provador recebia o número de pratinhos conforme o delineamento e era solicitado a dar sua opinião sobre sabor e textura, numa escala estruturada de dez pontos, e para preferência, numa escala hedônica também de dez pontos (ficha anexa).

4.2.2. Análise microbiológica do charque nos sistemas usados.

Foram efetuados exames bacteriológicos: a) Da salmoura - Antes de seu uso; b) Da carne - Antes e após a salga; c) Do charque - Ao término da secagem e após 15 dias de estocagem adicional para verificar o desenvolvimento ou não de bactérias halófilas. Para o estudo bacteriológico conseguiu-se, no mesmo frigorífico, um terceiro lote de carne bovina (lote III), pesando 75,0 Kg, que foi processado em setembro de 1977. Após o manteamento das peças naquele frigorífico, estas foram encaminhadas ao Laboratório de Processamento de Carnes da UNICAMP, em cujas dependências procedeu-se à salga com vistas à secagem pelos métodos tradicional, artificial e pelo uso de coletor solar. Por fim, efetuaram-se as análises comparativas entre estes métodos.

No pré-processamento deste lote obedeceu-se também a mesma tecnologia descrita em 2.1., com as seguintes modificações:

a) Após a realização do primeiro "tombo", entremeou-se a carne com sal fino para que houvesse uma maior garantia de penetração do sal em toda a sua extensão;

b) Terminada a fase de salga, procedeu-se a uma pré-lavagem da carne por imersão das peças numa salmoura cuja concentração era de 30 salômetros, ao invés de água clorada.

O produto salgado com umidade inicial de 48,34% em base úmida foi seco até diferentes teores de umidade, sendo em se-

FICHA

Opinião do provador sobre o produto consumido

NOME _____ DATA _____

PRODUTO _____

INSTRUÇÕES: Você irá receber três amostras para provar e de
verá dar sua opinião, usando as escalas abaixo
para descrever o sabor, a textura e a preferên-
cia.

<u>SABOR</u>	<u>TEXTURA</u>	<u>PREFERÊNCIA</u>
Muitíssimo	Muitíssimo	Gostei
bom	macia	muitíssimo
Muito	Muito	Gostei
bom	macia	muito
Bom	Macia	Gostei
Regularmente	Regularmente	Gostei
bom	macia	regularmente
Ligeiramente	Ligeiramente	Gostei
bom	macia	ligeiramente
Ligeiramente	Ligeiramente	Desgostei
ruim	dura	ligeiramente
Regularmente	Regularmente	Desgostei
ruim	dura	regularmente
Ruim	Dura	Desgostei
Muito	Muito	Desgostei
ruim	dura	muito
Muitíssimo	Muitíssimo	Desgostei
ruim	dura	muitíssimo

COMENTÁRIOS _____

guida analisado e estocado à mesma temperatura e umidade relativa ambientais para posterior análise. Durante a secagem faziam-se pesagens para que se pudesse controlar os teores de umidade finais desejados.

No processo de secagem artificial foi possível controlar a temperatura e a umidade relativa do meio, o que não aconteceu com os demais, por ter sido realizado com as variáveis ambientais.

Nesse procedimento utilizou-se a mesma câmara de secagem solar mas, substituindo o coletor por uma unidade condicionadora de ar (AMINCO), cujo controle de temperatura era efetuado por resistências elétricas (Fig. 14). Deste modo, procurou-se trabalhar sempre com temperaturas e umidades relativas dentro da faixa de variação ambiental, obtendo-se produtos com teores de umidade final na faixa de 35 a 45%, em base úmida.

No processo tradicional de secagem e naquele que se utilizou coletor solar, a umidade final do produto variou de 35 a 45%, respectivamente. Nestes dois últimos processos foram mantidos cuidados especiais para evitar formação de crostas ou dobras nas superfícies das peças. Para isso foi obedecido o seguinte esquema:

A -Secagem ao Sol

Primeira estendida

As mantas de carne foram colocadas ao sol às 7 horas da manhã, permanecendo até às 11 horas, sendo em seguida recolhidas, empilhadas à plataforma e cobertas com lonas.

Segunda estendida

Nas condições da primeira, só que a secagem se prolongou até às 12 horas.

Terceira estendida

Em condições análogas, prolongando-se a secagem até às 13 horas.

Quarta estendida

Nas mesmas condições da terceira.

Procedendo-se dessa maneira, foi efetuado um número necessário de estendidas para que o produto atingisse o teor

de umidade desejado.

B - Secagem com uso de coletor:

Para este procedimento, procurou-se secar o produto dentro do mesmo intervalo diário em que era efetuada a secagem ao sol, fazendo-se após cada intervalo, o recolhimento, empilhamento da carne à plataforma e cobrindo-se com um encerado.

Após os diferentes experimentos, empilhou-se e cobriu-se a carne com um encerado, na ordem crescente de seus teores de umidade, para que ocorresse a fermentação necessária à sua cura, procedendo-se às análises.

Para as análises microbiológicas foram usadas três diluições em duplicatas: 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , feitas com água salina, contendo o mesmo teor de cloreto de sódio que os respectivos meios, ou sejam, 5, 10 e 16%. O mesmo meio de cultura, variando no conteúdo de NaCl, foi utilizado em todos os exames, com as mesmas concentrações acima citadas. O meio utilizado foi o desenvolvido por SCHNEIDER (38), modificado pela variação no conteúdo de cloreto de sódio, com adição de 1,5% de ágar com a seguinte composição:

<u>Componentes</u>	<u>Pêso</u>
- Gelatina bacteriológica	0,5 g
- Extrato de carne	0,5 g
- Triptone	0,5 g
- Extrato de lêvedo	0,5 g
- Amido solúvel	0,2 g
- Sulfato de magnésio	1,0 g
- Citrato de sódio	0,3 g
- Cloreto de potássio	0,2 g
- Ágar	1,5 g
- Água destilada	100 ml
- NaCl - 5, 10 e 16%	-
- pH do meio	7,2

O meio foi autoclavado a 121°C durante 15 minutos, sendo o cloreto de sódio esterelizado separadamente em 40,0 ml de água (parte dos 100,0 ml que constituía a composição do meio).

No momento de ser usado, fundiu-se a porção sólida do meio que foi misturado ao frasco que continha o sal com os 40,0 ml de água e, a seguir, fez-se a distribuição em placas esterelizadas. A mistura foi efetuada cuidadosa e vagarosamente para evitar formação de espuma e, ao resfriar, fez-se a inversão das posições das placas que, depois de semearem-se os meios, estes ficaram incubados a 30°C. As placas que continham 5 a 10% de sal foram examinadas após 72 horas de incubação e, aquelas com 16% de cloreto de sódio, após 96 horas.

4.2.3. Propriedades do charque com relação à secagem

Para aplicar a modelação matemática (modelo de Thompson) no projeto de secadores de charque por convecção forçada, foram determinadas as propriedades ou parâmetros que definem o comportamento do charque com relação à secagem: curvas de equilíbrio de umidade; curvas de secagem de peças individuais, calor latente de vaporização; e calor específico.

4.2.3.1. Umidade de equilíbrio

Com o uso de método estático determinaram-se as umidades de equilíbrio do charque a quatro diferentes temperaturas, ou seja, a 20, 32, 37 e 45°C, respectivamente. Para isto foram preparados 28 recipientes de vidro de 750ml de capacidade, introduzindo-se um cadinho perfurado no interior de cada um deles, ficando a 4 centímetros de sua base, onde pequenas amostras de charque, pesando aproximadamente 4 g em forma de cubos, foram colocadas. Os recipientes foram divididos em conjuntos de 7 vidros, contendo uma solução saturada de certo sal em cada um (Tabela 4), sendo, em seguida, deixados àquelas temperaturas para que o produto atingisse o equilíbrio do meio. A solução de cada recipiente do conjunto tinha propriedade de manter constante a umidade relativa do meio, uma vez que, cada um deles foi colocado numa câmara em que a temperatura era controlada termostaticamente (Fig. 11).

Tabela 4

Umidades relativas obtidas com soluções saturadas de sais - Hall
(1957)

SAIS	TEMPERATURA (°C)			
	20	32	37	45
$KC_2H_3O_2$	22,7	22,0	21,3	20,0
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	33,6	32,8	32,4	32,1
K_2CO_3	43,9	43,6	43,4	43,3
NaBr	57,2	56,3	54,0	53,8
$NaNO_2$	65,3	64,3	63,3	61,8
NaCl	75,6	75,5	75,4	75,4
KNO_3	93,2	90,7	87,9	87,0

Para se verificar quando o produto atingiu o equilíbrio efetuavam-se pesagens a cada três dias de condicionamento, e, quando o peso de cada amostra não mais variava entre duas pesagens consecutivas, esta era levada a uma estufa a 105°C durante 24 horas, para ser determinado seu teor de umidade. Com o uso da equação (1), por meio de uma rotina de regressão não linear KINET (40) e os dados experimentais, obtiveram-se os coeficientes p_i e q_i no computador - PDP-10 da UNICAMP, para as quatro temperaturas de operação.

4.2.3.2. Curvas de secagem de peças individuais

Para os testes de secagem do produto em peças individuais, usaram-se os mesmos experimentos de secagem artificial efetuados na determinação da análise microbiológica. Para isso, na secagem que foi efetuada a três níveis de temperatura e umidade relativa, pro

curou-se manter sempre constantes estas variáveis de operação, adaptando-se ao secador um sistema condicionador de ambiente (AMINCO) que controlava a temperatura com variações de mais ou menos 1°C e 1% de umidade relativa.

Os níveis de temperaturas e umidades relativas, para cada experimento, foram de 45°C e 20% de U.R., 40°C e 25% de U.R. e 35°C e 35% de U.R., respectivamente. Pesagens do produto eram efetuadas a cada 30 minutos, passando esse intervalo para uma hora, após três horas de operação. Para todos os experimentos, o ar de secagem tinha uma vazão constante de 5,04 m³/min. Ao final da secagem (7 1/2 horas) as amostras eram removidas e colocadas na estufa durante 24 horas a 105°C, para determinar a matéria seca. Os dados de umidade (em termos de relação de umidade) e tempo foram "alimentados" junto à equação (2) na rotina KINET (40) para determinar assim, os parâmetros m, n, e q da referida equação.

4.2.3.3. Calor latente de vaporização

Para a determinação do calor latente de vaporização empregou-se o método de OTHMER (1960), já descrito anteriormente. Para a obtenção da relação L/L' da equação (3), a diferentes teores de umidade, utilizaram-se as curvas de umidade de equilíbrio determinadas experimentalmente.

Com o uso de uma calculadora HP-25, fazendo-se linearização e ajuste dos mínimos quadrados, obtiveram-se, finalmente, os parâmetros e as constantes da equação (4).

4.2.3.4. Calor específico

Para a determinação do calor específico do charque, fez-se uso da equação (7), que, segundo seu autor (07), fornece valores bem próximos dos reais.

Para se cumprir com este objetivo, determinou-se a sua composição química, obedecendo-se à seguinte metodologia:

- a) Umidade - Determinada pelo método 24002, AOAC (01);
- b) Gordura - Determinada segundo o método descrito AOAC (01), com o uso do aparelho de extração contínua de "Goldfish";
- c) Proteína - Determinada pelo método micro-kjeldall, 24010, AOAC (01) e,
- d) Cloretos - Determinados pelo método 18014, AOAC (01).

4.2.4. Rotina matemática de secagem de charque

As equações obtidas, representando a secagem de peças individuais, o equilíbrio de umidade, o calor específico e o calor latente de vaporização de charque foram colocadas no lugar das respectivas equações de milho na rotina de THOMPSON e col. (40) constituindo, desta forma, uma rotina de secagem para o charque.

4.2.5. Simulações de secagem do charque

Dois tipos de simulações foram feitas, usando a rotina desenvolvida.

Na primeira estudou-se o efeito da temperatura (2 níveis) sobre a secagem deste produto. Para este estudo, o teor inicial de umidade, e a temperatura das mantas foram mantidas constantes, o mesmo que a vazão e a umidade absoluta do ar de secagem. A variação da umidade do charque como função do tempo para cada temperatura das estudadas (30°C e 40°C) foi estabelecida em mantas colocadas em um secador estacionário, tipo túnel (Fig. 15) em quatro posições diferentes.

No segundo estudo foi analisado, usando simulação matemática, o funcionamento de um secador de túnel, por lotes e em contracorrente projetado de tal forma que quando um carrinho com mantas de charque chega ao teor final de umidade desejada é retirado do secador e substituído por outro no extremo oposto (Fig. 16).

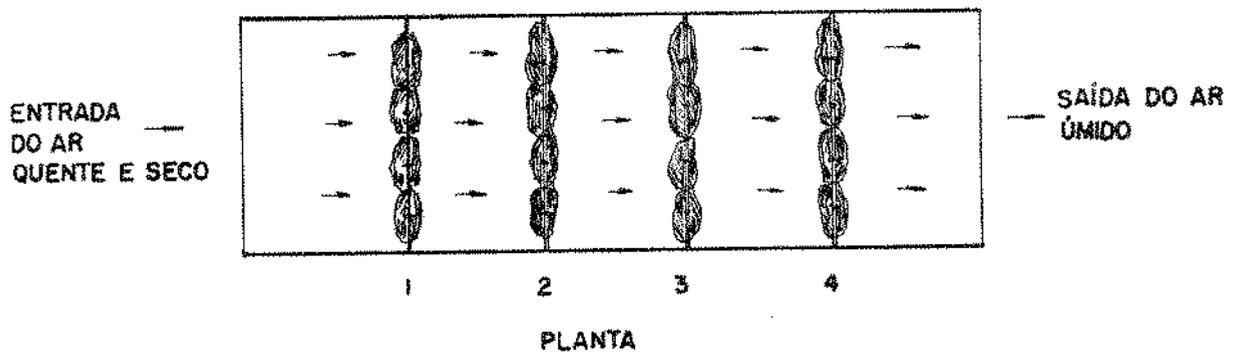
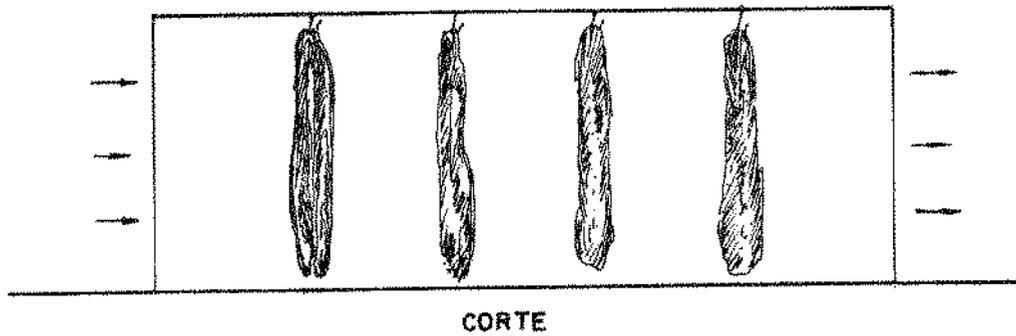


FIGURA 15 ESQUEMA DO SECADOR ESTACIONÁRIO, TIPO TUNEL, SIMULADO PARA ESTUDAR O EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A SECAGEM DO CHARQUE

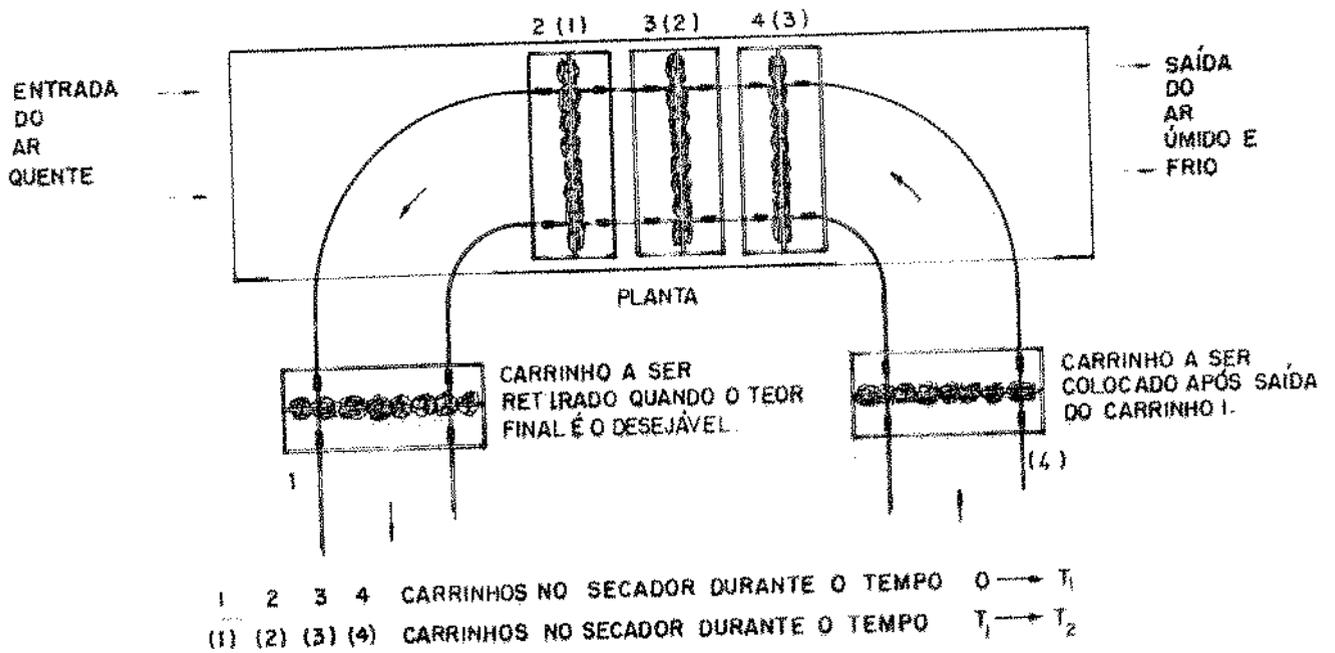
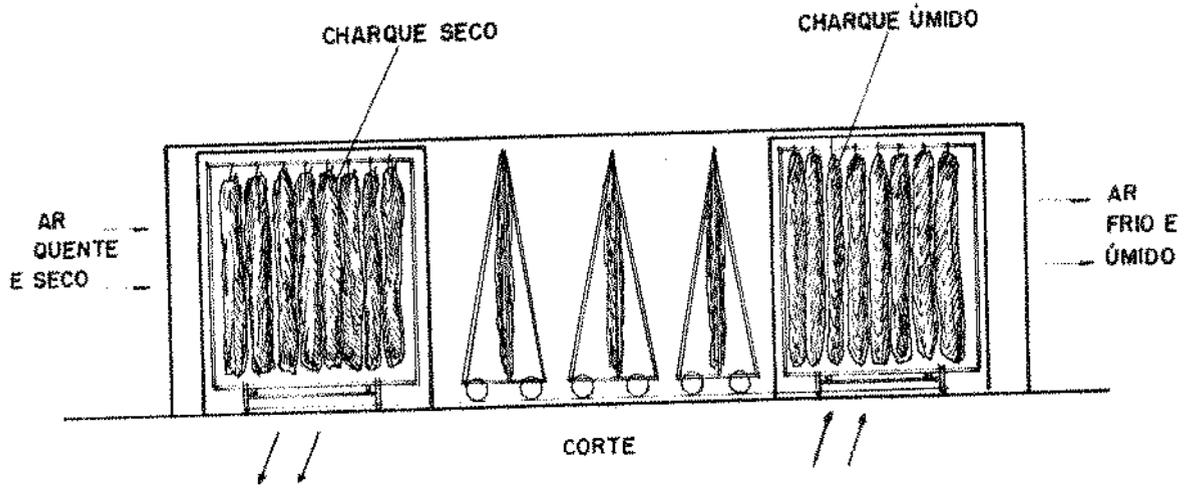


FIGURA 16 - ESQUEMA DE UM SECADOR POR LOTES, CONTRACORRENTE, PARA SECAGEM DE CHARQUE

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comparação entre os diferentes métodos de secagem

Na Tabela 5 estão as condições de secagem usadas no primeiro experimento para comparação entre os diferentes métodos usados. Observa-se que no caso de secagem em secador de tubo conseguiu-se um incremento médio de 8,29°C na temperatura de secagem e redução de 21,6% na umidade relativa, pelo uso de coletor solar. O aumento médio na temperatura do ar de secagem na câmara foi de 7,39°C e 20% de redução na umidade relativa.

Os resultados da umidade do produto durante a secagem nos quatro métodos comparados, estão representados na Fig. 17. Observa-se que nos métodos onde o ar era movimentado por um ventilador conseguiu-se redução considerável no tempo de secagem. No secador de tubo (melhor de todos êles, do ponto de vista da secagem), o produto atingiu 45% de umidade após 47 horas de iniciado o processo. No processo tradicional - mantas dobradas em varal - o tempo de secagem para atingir 45% de umidade foi de 73 horas. Tempos de secagem de 51 a 70 horas foram registrados nos métodos de câmara e de mantas penduradas no varal. Observa-se, também, que durante o período noturno ocorreu reumedecimento no secador de tubo como consequência do funcionamento do ventilador neste período.

Na Figura 18 estão representados os resultados do segundo experimento de secagem. Observa-se que, como no caso anterior, os métodos de secagem por convecção forçada resultaram em considerável redução do tempo da secagem: 30 e 47 horas para o secador de tubo e câmara, contra 49 e 68 horas para os secadores de varal com mantas abertas, e varal com mantas dobradas, respectivamente. Observou-se, também, reumedecimento noturno (desta vez na câmara) como consequência de se ter deixado o ventilador ligado durante a noite.

1º EXPERIMENTO

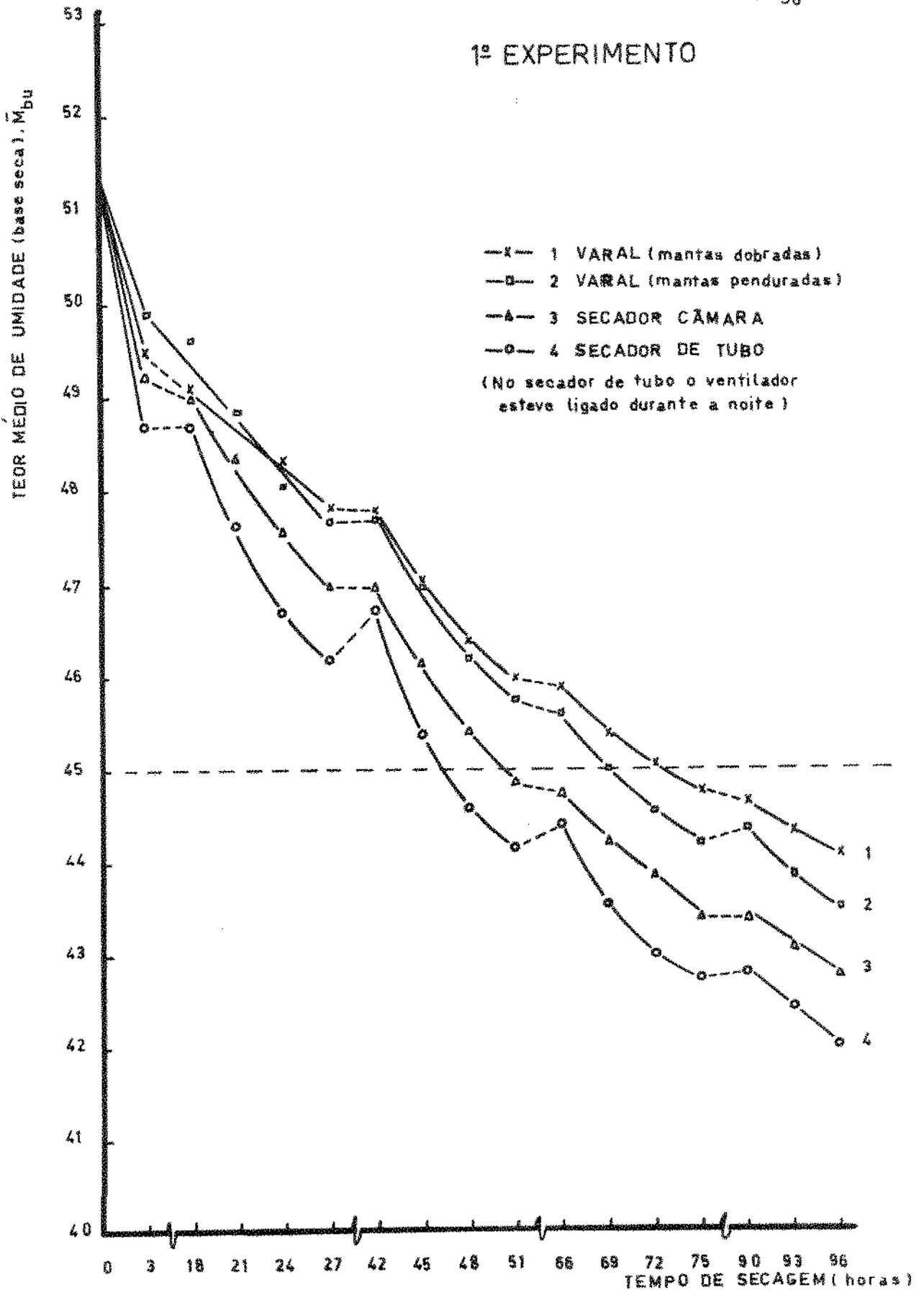


Figura 17. Teor de unidade do charque durante a secagem para os diferentes métodos comparados.

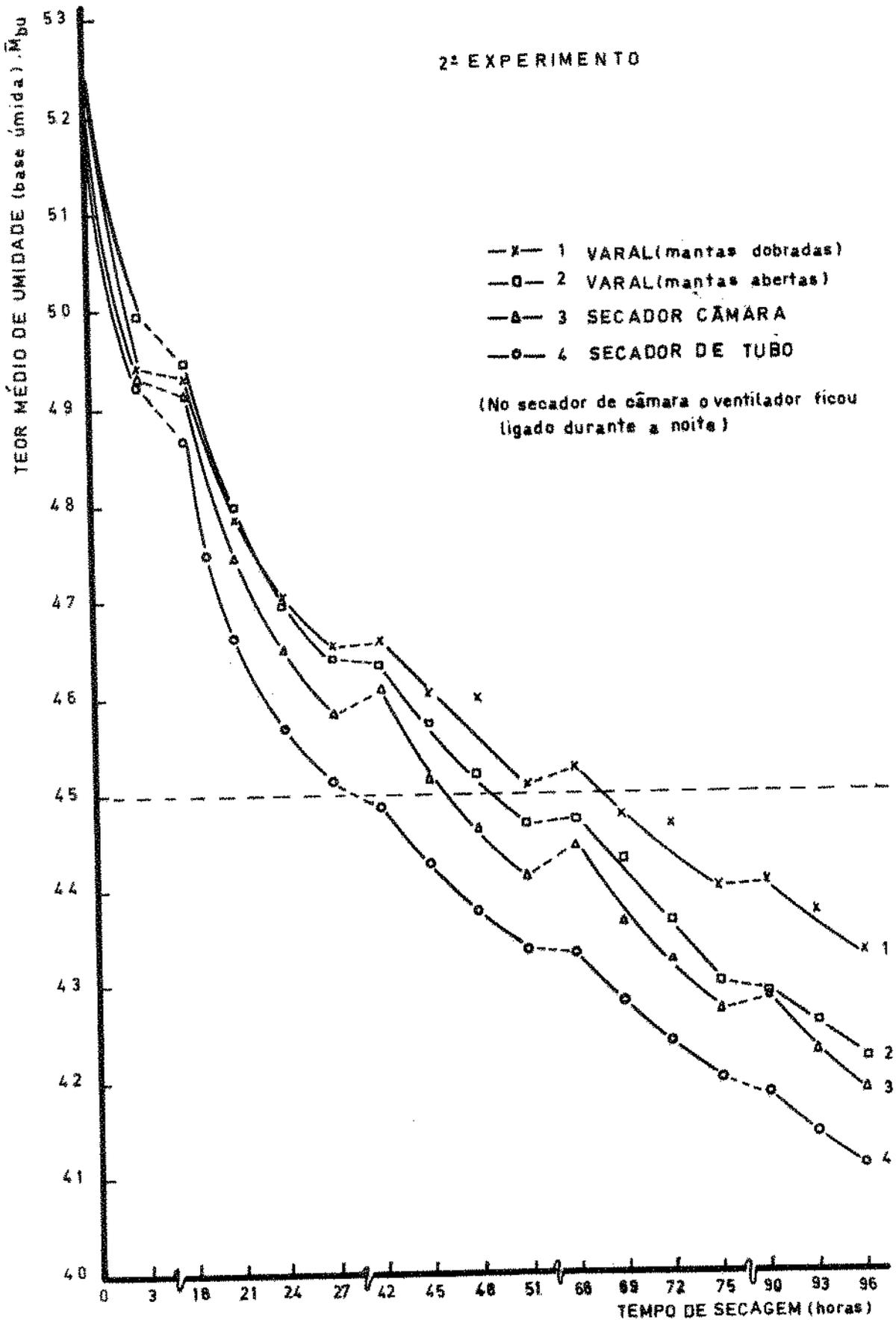


Figura 18. Teor de umidade do charque durante a secagem para os diferentes métodos comparados.

Tabela 5

Temperaturas e umidades relativas do ar de secagem durante o primeiro experimento.

Dias	Condições ambientais (varais)		Secador câmara		Secador tubo	
	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
1	30,3	46,8	37,0	28,0	39,2	22,0
2	27,0	51,9	33,0	30,0	31,5	34,0
3	31,3	41,6	39,3	20,0	38,2	23,5
4	32,1	37,3	39,5	20,5	42,0	16,7
5	32,3	42,7	40,5	22,0	43,0	16,0
Médias	30,6	44,1	47,9	24,1	38,8	22,5

Nas tabelas 6,7 e 8 verificam-se os resultados comparativos da avaliação de sabor, textura e preferência, respectivamente, do charque, imediatamente após a secagem, pelos quatro sistemas. Nestas tabelas o número (1) identifica o sistema de tubo, o número (2), o secador de câmara, o número (3), o secador de varal com mantas dobradas, e o número (4), o secador de varal com mantas penduradas e abertas.

Observou-se pequena diferença entre as médias para o sabor dos diferentes "tratamentos" (diferentes sistemas) imediatamente após a secagem, tendo o tratamento 2, correspondente à secagem na câmara com coletor solar alcançado a maior média numa escala de 10 pontos.

Pequena diferença também foi observada entre as médias quando os quatro sistemas foram comparados com relação à textura do produto final resultante, imediatamente após a secagem. Novamente o processo que levou uma ligeira vantagem foi o da câmara com uso de coletor solar (média de textura igual a 6,49), numa escala também de 10 pontos.

Na comparação entre os quatro sistemas com relação à preferência, imediatamente após a secagem observou-se também pequena diferença entre eles. Neste caso, o produto resultante da secagem com o tubo foi o mais preferido (valor de preferência igual a 6,84), numa escala de 10 pontos.

A análise de variância correspondente à avaliação do sabor, textura e preferência do charque imediatamente após a secagem, apresenta-se na Tabela 9. O resultado desta análise mostrou não haver diferença significativa entre os tratamentos para nenhum dos parâmetros de qualidade testados.

Nas tabelas 10, 11 e 12, estão apresentados os resultados comparativos da avaliação do sabor, textura e preferência, respectivamente, do charque estocado durante 90 dias. Os diferentes sistemas foram identificados com os mesmos números que no caso dos testes efetuados imediatamente após a secagem.

Observou-se pequena diferença entre as médias para o sabor dos diferentes tratamentos, 90 dias após a secagem. Obteve-se uma qualidade ligeiramente superior no sabor, do charque seco no sistema do tubo, média igual a 6,83. Observou-se, ainda, uma ligeira redução na qualidade de todos os tratamentos após os 90 dias, comparados com o sabor do produto, imediatamente após a secagem.

Pequena diferença foi observada quando os quatro sistemas foram comparados em relação à textura do produto final resultante, após os 90 dias de estocagem. O processo de secagem em varais com mantas estendidas apresentou uma ligeira vantagem (média de textura igual a 6,43). A redução da qualidade em textura do produto após 90 dias em relação ao recém-secado foi nula ou muito pouca.

A diferença entre as médias para preferência do produto resultante após 90 dias entre os diferentes sistemas também foi pequena. Neste caso, observou-se uma ligeira vantagem do charque seco em varal com mantas estendidas. A perda desta qualidade após 90 dias com relação ao produto recém-seco foi nula ou muito pequena.

Os resultados da análise de variância da avaliação do sabor, textura e preferência após os 90 dias de estocagem do produto estão indicados na Tabela 13. Tais resultados mostram não ter ha

vido diferença significativa para sabor e textura, porém, esta diferença foi encontrada ao nível de 5%, para preferência. O teste de Tukey mostrou diferença significativa entre os tratamentos (4) (carne proveniente de secador em que as mantas ficaram penduradas e abertas) e (3) (secador de varal, mantas dobradas), tendo sido aquele o mais preferido. Entre os outros tratamentos não houve diferença significativa.

Tabela 6

Resultados da avaliação do SABOR do charque imediatamente após concluída a secagem.

1º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
6,8	7,7	7,3	6,8	8,1	7,0
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
7,4	7,1	7,5	7,3	6,9	6,5

2º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7,7	7,5	6,8	6,7	6,8	7,4
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
6,6	6,4	6,7	6,6	5,7	7,0

Média dos tratamentos

Tratamentos	Médias
1	6,962
2	7,200
3	7,088
4	6,800

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 7

Resultados da avaliação da TEXTURA do charque imediatamente após concluída a secagem.

1º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
5,8	7,0	7,3	6,8	8,1	7,0
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
7,4	7,1	7,5	7,3	6,9	6,5

2º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
5,9	6,4	5,7	5,8	6,6	7,1
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
5,8	6,0	6,0	6,7	5,7	6,0

Média dos tratamentos - Textura

Tratamentos	Médias
1	6,213
2	6,488
3	6,075
4	6,375

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 8

Resultados da avaliação da PREFERÊNCIA do charque imediatamente após concluída a secagem.

1º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
6,4	5,6	7,3	7,0	7,7	7,0
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
6,2	7,3	7,3	7,4	6,4	6,7

2º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7,1	7,0	6,4	6,0	6,8	7,1
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
6,2	6,4	6,4	6,2	5,7	6,8

Média dos tratamentos - Preferência

Tratamentos	Médias
1	6,842
2	6,617
3	6,529
4	6,679

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 9

Análise de variância da avaliação de sabor, textura e preferência imediatamente após a secagem

<u>SABOR</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	0,354	0,118	0,530 n.s.
Blocos	11	3,811	0,347	2,844 n.s.
Resíduo	9	2,001	0,122	
Total	23	6,166		

(n.s. - não significativo)

<u>TEXTURA</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Tratamentos	3	0,486	0,162	0,841 n.s.
Blocos	11	4,905	0,446	2,310 n.s.
Resíduo	9	1,734	0,193	
Total	23	7,125		

(n.s. - não significativo)

<u>PREFERÊNCIA</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Tratamentos	3	0,209	0,070	0,412 n.s.
Blocos	11	5,243	0,477	2,820 n.s.
Resíduo	9	1,521	0,169	
Total	23	6,973		

(n.s. - não significativo)

Tabela 10

Resultados da avaliação do SABOR do charque 90 dias após concluída a secagem

1ª TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7,6	6,9	7,6	7,1	7,1	6,9
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
5,9	6,4	7,0	6,9	7,1	6,9

2ª TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
6,8	6,3	5,7	6,1	6,7	6,4
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
5,2	6,8	6,3	6,9	6,5	6,5

Média dos tratamentos - Sabor

Tratamentos	Média
1	6,833
2	6,716
3	6,283
4	6,766

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 11

Resultados da avaliação da TEXTURA do charque 90 dias após con-
cluída a secagem

1º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
6,0	5,2	6,6	5,2	6,9	6,8
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
4,4	5,6	5,7	6,2	6,8	5,7

2º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7,4	5,2	5,4	6,7	6,3	5,6
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
6,7	7,5	6,4	6,5	6,0	6,4

Média dos tratamentos - Textura

Tratamentos	Média
1	6,233
2	5,955
3	5,916
4	6,433

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 12

Resultados da avaliação da PREFERÊNCIA do charque 90 dias após concluída a secagem

1º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
7,2	6,6	7,4	6,8	7,4	6,9
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
5,7	6,6	6,6	6,6	6,8	6,6

2º TESTE

Rep. I		Rep. II		Rep. III	
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
6,9	6,3	5,5	6,2	6,7	5,9
(3)	(4)	(2)	(4)	(4)	(1)
5,2	6,9	7,1	6,9	6,5	6,2

Média dos tratamentos - Preferência

Tratamentos	Médias
1	6,780
2	6,730
3	6,160
4	6,900

- Tratamento 1 = Secador de tubo
- Tratamento 2 = Secador câmara
- Tratamento 3 = Varal (mantas dobradas)
- Tratamento 4 = Varal (mantas penduradas e abertas)

Tabela 13

Análise de variância da avaliação de sabor, textura e preferência 90 dias após concluída a secagem

<u>SABOR</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	1,031	0,344	1,764 n.s.
Blocos	11	7,091	0,645	3,31 *
Resíduo	9	1,754	0,195	
Total	23	9,876		

<u>TEXTURA</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	2,714	0,905	1,529 n.s.
Blocos	11	6,154	0,559	0,944 n.s.
Resíduo	9	5,326	0,592	
Total	23	14,193		

<u>PREFERÊNCIA</u>				
C.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	3	2,165	0,722	4,480 *
Blocos	11	3,765	0,342	2,124 n.s.
Resíduo	9	1,450	0,161	
Total	23	7,380		

(* - Diferença significativa ao nível de 5%)

(n.s. - não significativo)

5.2. Análise microbiológica dos sistemas comparados

Na tabela 14 apresenta-se o comportamento da flora microbiana na salmoura e na carne, apenas salgada.

Esta tabela revela dois aspectos que merecem consideração. O primeiro deles denota que a salmoura antes do uso é pobre em germes, revelando uma flora insignificante proveniente do próprio sal que, no caso, parece ter sido de boa qualidade.

Por outro lado, também se observa a ação seletiva do NaCl e uma distribuição decrescente da flora existente pelas três concentrações salinas, mostrando ainda a ocorrência de pequeno número de germes halotolerantes (450) e ainda menor número de halófilos estritos (20).

Tabela 14

Comportamento da flora microbiana na salmoura e na carne, apenas salgada - (bact./ml (1), bact./g (2)).

Em meio contendo:	5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
Salmoura (1)	3.300	450	20
Salmoura+carne (1)	4.175	2.250	35
Carne salgada antes da secagem (2)	152.000	55.000	31.950

Com a imersão da carne, a salmoura se enriquece com os solúveis desta e dela ainda recebe sua carga microbiana normal, notando-se, então, comportamento similar aquele já comentado logo acima, ou seja, predominância ainda de flora banal e ocorrência de menor número de germes halotolerantes e halófilos obrigatórios. Isto se deve, provavelmente, ao fato de não ter havido ainda tempo material para que a ação seletiva do NaCl se fizesse sentir e ao fato dos halófilos possuírem metabolismo lento, requerendo maior tempo para se multiplicarem e aparecerem como "donos do terreno".

Tabela 15

Comportamento da flora microbiana nos três diferentes processos do após a secagem (Microorganismos/g do produto).

SECAGEM CONTÍNUA				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	150.000	125.000	2.500
2	35	7.800	180.000	2.600
3	40	42.000	243.000	2.900
Contagem Média:		66.600	182.600	2.600

SECAGEM DESCONTÍNUA (Coletor Solar)				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	84.500	25.100	20.800
2	35	113.000	18.900	4.100
3	40	9.800	102.000	2.000
4	45	7.500	12.300	25.400
Contagem Média		53.700	39.600	13.000

SECAGEM AO SOL				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	267.500	6.205.000	435.000
2	35	134.500	2.373.000	4.700
3	40	27.300	161.000	2.700
4	45	9.500	4.700	19.600
Contagem Média:		109.500	2.186.000	115.500

Tabela 16

Comportamento da flora microbiana do charque após 15 dias de prateleira (Microorganismos/g do produto)

SECAGEM CONTÍNUA				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	6.150	4.575.000	29.350.000
2	35	1.300	1.900	3.775.000
3	40	3.400	28.950.000	9.790.000
Contagem Média:		3.600	11.175.000	14.305.000

SECAGEM DESCONTÍNUA (Coletor Solar)				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	2.210.000	16.450.000	20.350.000
2	35	30.500	33.000.000	6.447.000
3	40	62.000	9.335.000	7.325.000
4	45	44.900	29.300.000	5.892.000
Contagem Média:		587.000	22.041.000	9.978.000

SECAGEM AO SOL				
Amostras	Umidade Final (%)	Em meio contendo:		
		5% de NaCl	10% de NaCl	16% de NaCl
1	30	240	29.100.000	4.735.000
2	35	5.300	25.950.000	14.445.000
3	40	35.000	49.275	108.000
4	45	50.550.000	27.050.000	16.750.000
Contagem Média:		12.647.000	20.537.000	9.009.000

O que se observa, pois, neste momento do processo, é exatamente aquilo que se esperaria do ponto de vista teórico e que coincide com o consenso geral sobre salmouras e carnes nesta fase do processamento.

A secagem contínua (tabela 15) parece favorecer a flora halotolerante, ao passo que aquela dos halófilos estritos ainda se mantém baixa. Já na secagem descontínua, por oferecer intervalos em condições especiais para maturação, faz com que a flora dos halófilos obrigatórios apareça em maior número.

Curiosamente, a secagem ao sol parece favorecer todos os três tipos de germes que aparecem em número consideravelmente maior. Uma explicação lógica para este último achado deve prender-se ao fato de, neste processo, o produto se encontrar exposto diretamente ao meio ambiente e, a flora do ambiente se deposita na superfície do produto. É necessário dizer, todavia, que o número de ensaios não foi suficiente para permitir conclusões seguras. São apenas ilações e hipóteses baseadas em evidências, e para maior firmeza e segurança, novos experimentos, estatisticamente delineados, deveriam ser conduzidos.

Examinando ainda o comportamento da flora microbiana nas três variáveis apresentadas, nota-se que, além do grande aumento desta no processo de secagem ao sol, a umidade final ofereceu aspectos discrepantes. Assim é que no processo de secagem contínua, - quanto maior a umidade final maior o número de halotolerantes e, neste grupo encontramos a flora de fermentação e maturação do charque. Já na secagem descontínua na medida em que aumenta a umidade final, o número de bactérias ora aumenta, ora diminui. Este ponto, de grande importância prática, não pode ser focalizado com maior propriedade, dado ainda o pequeno número de ensaios conduzidos, devendo, por isso, aguardar um posterior estudo mais pormenorizado.

No caso da secagem ao sol parece haver uma diminuição contínua da flora de contaminação com o aumento da umidade final, o que constitui um contra-senso que também deverá merecer cuidados especiais em estudo futuro.

O estudo comparativo das três variáveis de secagem após uma estocagem do produto por 15 dias (tabela 16), vem confirmar

de forma bem clara, dois fatos:

1) Em primeiro lugar, verifica-se que a maturação que acompanha a secagem é concomitante a esta última, sendo mais acentuada quanto maior o tempo;

2) A secagem contínua, que é mais rápida, tem acentuado efeito na eliminação da flora banal (3.600 bac./g) e favorece a flora halotolerante e halófila estrita. A secagem ao sol apresenta muito maior contagem banal a 5% de NaCl que pode ser traduzida apenas com uma maior contaminação ambiental, visto que, nesta, a carne sofre a ação direta do ar, partículas em suspensão, favorecendo ainda os halotolerantes, ou seja, a flora da maturação responsável pelas características peculiares de cheiro, sabor e gosto do charque.

Já na secagem com uso de coletores não favorece tanto a flora banal, mas estimula os halotolerantes e os halófilos estritos.

A comparação das contagens entre o processo com coletor e o de secagem ao sol, evidencia uma única diferença: a grande contaminação do produto resultante da secagem ao sol com uma cifra superior a doze milhões de germes/grama, se comparada àquela da secagem descontínua situada em pouco mais de 500.000 germes.

Deduz-se, deste fato, que a filtração do ar quente soprado no processo descontínuo ainda poderia eliminar grande parte - destas contaminações, oferecendo produto em condições higiênicas bem melhores.

Do ponto de vista higiênico, a secagem contínua parece oferecer o produto microbiologicamente mais favorável, mas tem a desvantagem do gasto de energia que onera o produto final.

A secagem com uso de coletores, muito embora sofra a ação dos germes do ar introduzidos pelo sistema de ventilação forçada, oferece contagem razoável de contaminantes banais, todavia, o emprego de filtros poderá melhorar desta forma a tecnologia de secagem deste produto.

5.3. Propriedades de importância na secagem do charque

5.3.1. Curvas de umidade de equilíbrio

Na tabela 17 são apresentados os valores experimentais da umidade de equilíbrio do charque, nas condições pesquisadas. Foi observado que numa umidade relativa acima de 75% e temperaturas maiores que 20°C, o sistema atuou como uma solução de sal e vapor de água condensada na amostra de tal modo que os valores de umidade de equilíbrio não puderam ser determinados.

Tabela 17

Umidade de equilíbrio do charque (%)

Umidade relativa (%)	Temperaturas °C			
	20	32	37	45
22,7	5,9	4,6	3,5	2,2
32,5	7,0	5,9	4,3	3,1
43,0	8,5	7,1	6,1	4,7
57,0	12,7	10,5	8,4	6,9
63,0	16,3	12,9	9,8	8,7
75,0	48,2	-	-	-

Quando estes dados experimentais foram "alimentados" à rotina Kinet, junto com a equação (2), os seguintes valores dos parâmetros p_1 e q_1 foram obtidos:

$p_1 = 0,44345$	$q_2 = - 0,51292$
$p_2 = 1,20476$	$q_3 = 0,06235$
$p_3 = 1,38760$	$q_4 = 0,09785$
$q_0 = - 0,10723$	$q_5 = - 23,98245$
$q_1 = 0,40224$	

Na Fig. 19 apresenta-se uma comparação entre os valores experimentais da umidade em equilíbrio e os resultados da equação (1). Observa-se a boa previsão da equação, cujo erro médio é de $\pm 7,0\%$.

5.3.2. Curvas de secagem de peças individuais

Na Tabela 18 apresentam-se os resultados experimentais da secagem de peças individuais. Observa-se a grande influência que o aquecimento de ar tem sobre a velocidade de secagem deste produto: a um aquecimento de 5°C (de 35° a 40°C , a umidade absoluta constante) no ar de secagem corresponde a uma diminuição de 2,5 horas (55%) no tempo de secagem.

Tabela 18

Resultados experimentais de secagem de peças individuais de charque.

T = 45°C UR = 20%			T = 40°C UR = 25%			T = 35°C UR = 35%		
t hr	M_{bu}	MR $\frac{M-Me}{Mo-Me}$	t hr	M_{bu}	MR $\frac{M-Me}{Mo-Me}$	t hr	M_{bu}	MR $\frac{M-Me}{Mo-Me}$
0,0	48,3400	1,0000	0,0	48,3400	1,0000	0,0	48,3400	1,0000
0,5	47,1527	0,9524	0,5	47,4348	0,9631	0,5	47,8771	0,9806
1,0	46,1518	0,9139	1,0	46,8544	0,9401	1,0	47,4549	0,9632
1,5	45,2987	0,8822	1,5	46,3470	0,9204	1,5	46,9061	0,9410
2,0	45,0488	0,8731	2,0	45,8033	0,8997	2,0	46,7080	0,9156
3,0	43,8363	0,8310	3,0	44,7842	0,8620	3,0	45,8826	0,9008
4,0	42,7716	0,7938	4,0	44,0418	0,8354	4,0	45,3506	0,8805
5,0	41,8058	0,7621	5,0	43,3139	0,8100	5,0	44,8970	0,8635
5,5	41,2748	0,7374	5,5	42,7481	0,7907	6,0	44,4030	0,8453
6,5	40,2165	0,7121	6,5	41,9769	0,7650	7,0	44,0280	0,8317
7,5	39,5362	0,6773	7,5	41,6405	0,7540	8,0	43,8721	0,8261

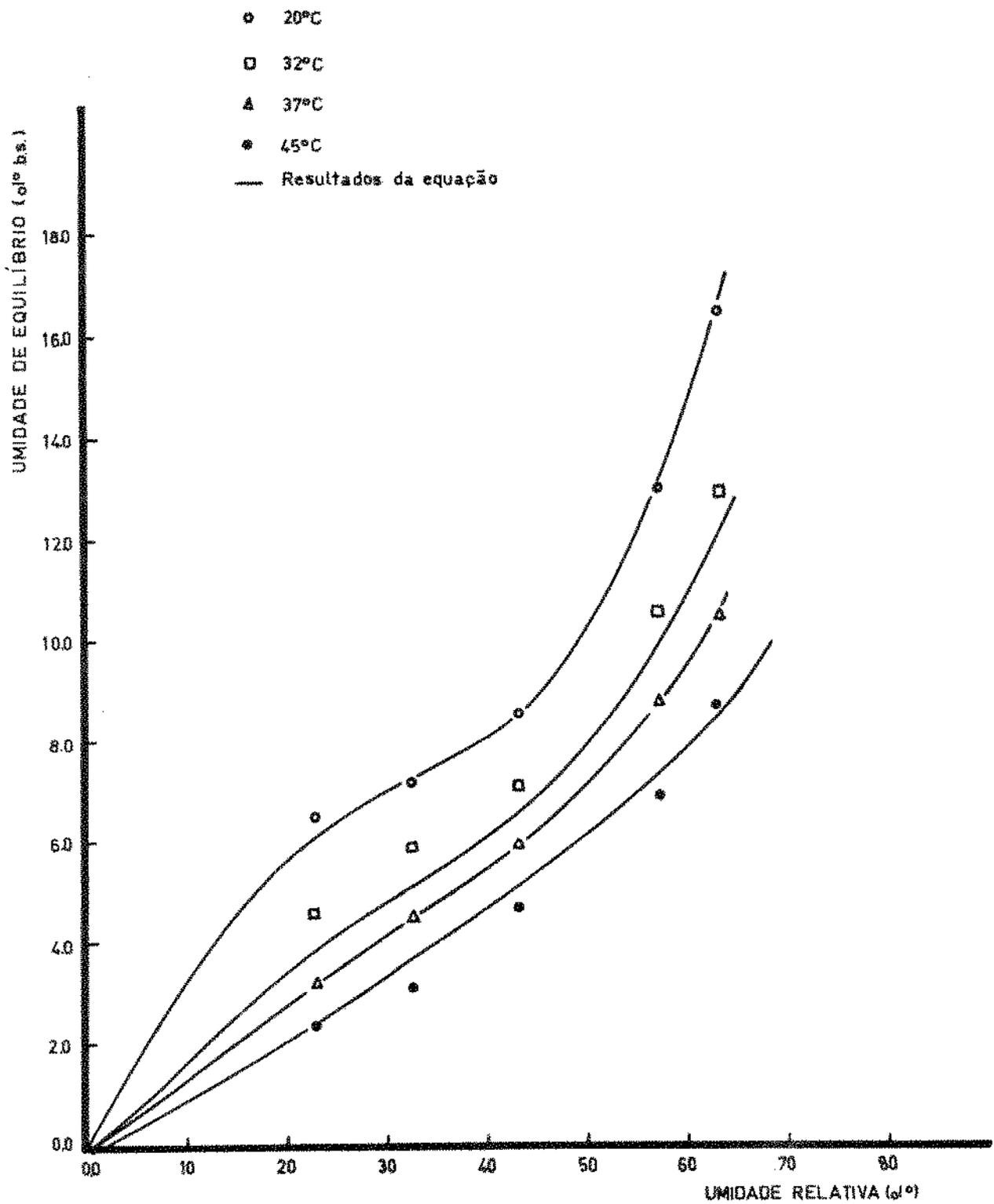


FIGURA 19 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS EXPERIMENTAIS E RESULTADOS DA EQUAÇÃO (1) PARA O EQUILÍBRIO DE UMIDADE DO CHARQUE

Quando os dados experimentais da tabela 18 foram "alimentados" à rotina Kinet, junto com a equação (2), os seguintes valores dos parâmetros n , p e q foram obtidos:

$$n = 0,000076$$

$$p = 1,054957$$

$$q = 0,776030$$

Na figura 20 apresenta-se a comparação entre 33 dados experimentais e os resultados da equação (2) para a secagem de peças individuais do charque. Nota-se uma boa precisão da equação, conseguindo-se predizer a secagem com erro médio de $\pm 2,3\%$.

5.3.3. Calor latente de Vaporização

Pelo método de OTHMER, tomando como base os valores de umidade de equilíbrio (base seca), pode-se calcular o calor latente de vaporização da umidade do charque.

Na tabela 19 apresentam-se as pressões de vapores da água no charque a diferentes temperaturas e teores de umidade. Inclui-se também nesta tabela as pressões de vapor da água livre para as mesmas condições. Estes valores de pressões foram graficados em papel duplo-logaritmo para diferentes teores de umidade (fig. 21).

Obteve linhas aproximadamente retas, cuja inclinação corresponde a valores de L/L' da equação (3), para diferentes conteúdos de umidade.

Tabela 19

Pressão de vapor do charque (kg/m^2) a diferentes teores de umidade e temperaturas.

M_e	20°C	32°C	37°C	45°C
	PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA LIVRE			
% - b.s.	247,5039	500,9800	676,4012	1015,3866
2	14,8502	60,1176	98,0782	203,0773
4	32,1755	120,2352	192,7743	355,3853
6	54,4509	195,3822	297,6180	487,3855
8	96,5265	250,4934	363,2274	619,3858
10	122,5144	288,0635	415,9867	680,3090

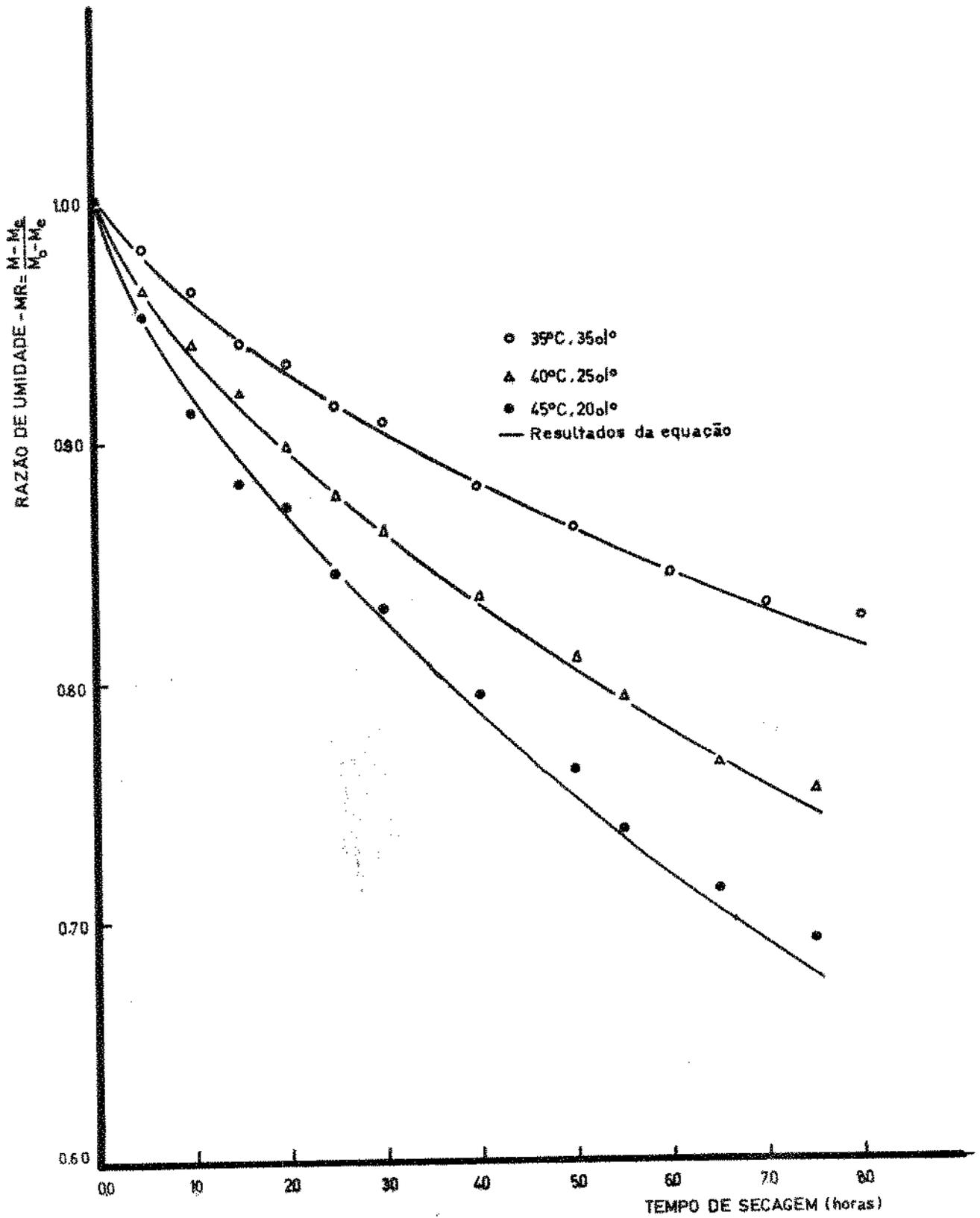


FIGURA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS EXPERIMENTAIS E OS RESULTADOS DA EQUAÇÃO (2) PARA SECAGEM DE PEÇAS INDIVIDUAIS DE CHAR QUE

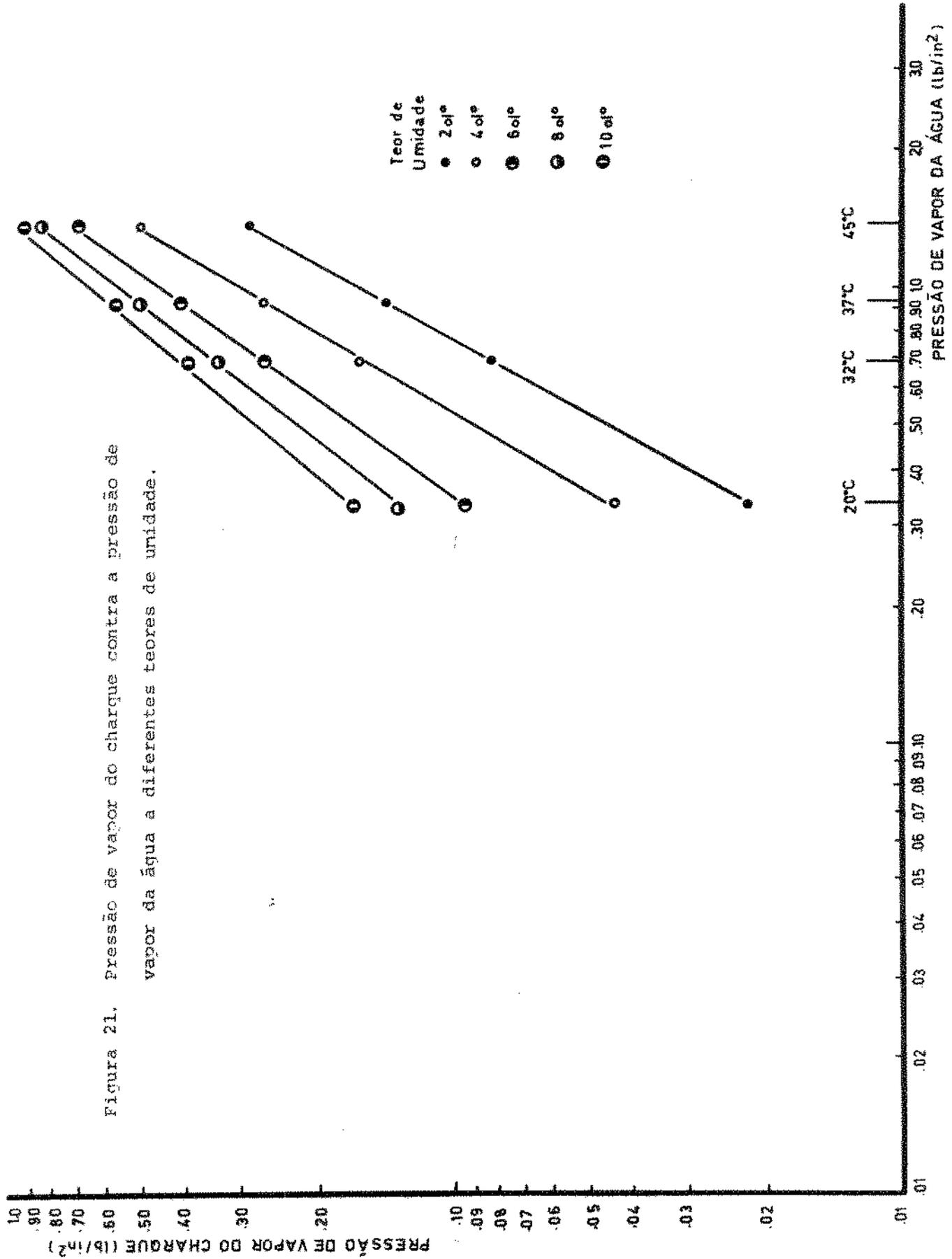


Figura 21. Pressão de vapor do charque contra a pressão de vapor da água a diferentes teores de umidade.

PRESSÃO DE VAPOR DO CHARQUE (lb/in²)

20°C 32°C 37°C 45°C
PRESSÃO DE VAPOR DA ÁGUA (lb/in²)

Quando os valores de L/L' da figura 21 e os correspondentes valores da umidade foram aplicados à equação (4), os valores dos parâmetros α e β foram obtidos:

$$\alpha = 0,9443$$
$$\beta = 7,6000$$

5.3.4. Calor específico

Na tabela 20 estão representados os valores médios correspondentes à composição química do charque. Os resultados confirmam que o charque é uma forma de proteína concentrada, tendo em conta que a carne verde tem um teor de proteína que gira em torno de 18 a 20%.

Tabela 20

Composição Química do Charque

Item	Porcentagem (%)
Proteína total (N x 6,25)	27,9
Gordura	14,2
Sal	16,4
Umidade	40,2
outros	1,3

Baseados nos resultados anteriores da composição química e usando os valores recomendados por Charm (7) para calor específico dos componentes, a seguinte equação de calor específico para o charque foi obtida:

$$C_p = 0,216 + 0,01 M_u$$

onde:

C_p = Calor específico do charque, Kcal/Kg °C

M_u = Teor de umidade do charque, porcentagem, base umida.

5.4. Simulações da secagem do charque

Na tabela 21 estão as condições do ar e do charque usadas nas simulações efetuadas no estudo do efeito da temperatura sobre a secagem, em secadores estacionários, tipo tunel. Para as duas temperaturas pesquisadas (30 e 40°C), manteve-se a umidade absoluta constante. A vazão do ar e as condições iniciais foram também constantes nas duas simulações.

Tabela 21

Condições do ar e do charque usados nos estudos de simulação no secador de tunel estacionário
Capacidade total do secador: 800 kg com 53% de umidade inicial (b.u) (200 kg/carrinho)
Condições iniciais do charque: umidade inicial: 53% (b.u.) Temperatura inicial: 20°C
Condições de ar de secagem: vazão = 3,5 m ³ /min., por ton. de charque
Simulação 1 - Temperatura e umidade relativa: 30°C, 35%
Simulação 2 - Temperatura e umidade relativa: 40°C, 25%

Os resultados dessas primeiras duas simulações estão representados na fig. 22. Observa-se, nesta figura, o efeito de um incremento de 10°C do ar de secagem sobre o tempo de secagem, nas condições estudadas. O charque no primeiro carrinho demorou apenas 19 horas para atingir o teor final de umidade desejado (45%) quando a temperatura foi de 40°C. O tempo de secagem deste primeiro produto foi de 33 horas para uma temperatura de secagem de 30°C, e que corresponde a quase o dobro do tempo necessário quando 40°C foram usados. O último carrinho (nº4) demoraria 155 a 200 horas a 40 e 30°C, respectivamente. A capacidade destes secadores, em base ao tempo para secar a última camada seria, portanto, de 5,16 kg/hora a 40°C e 4 kg/hora a 30°C.

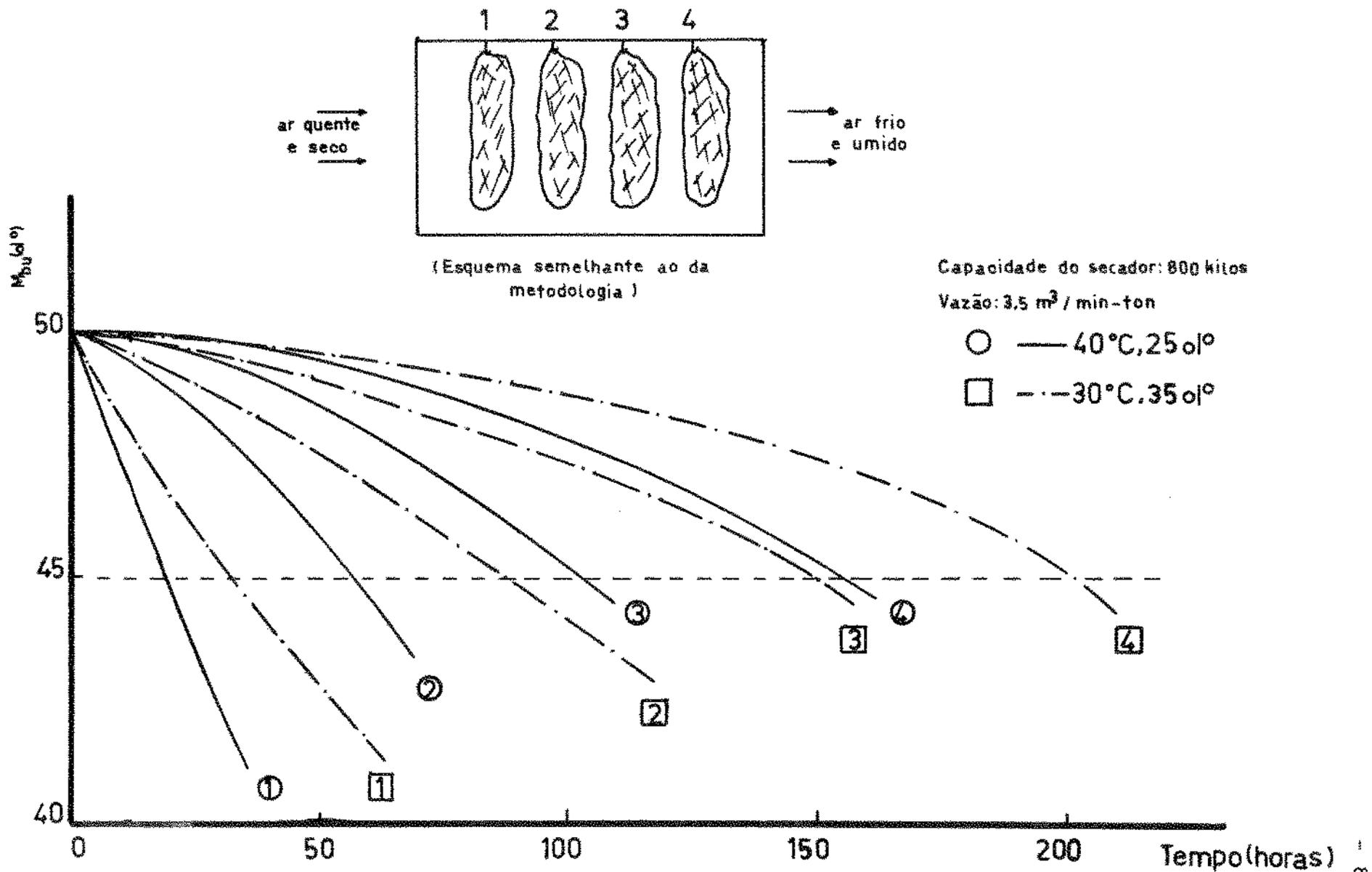


Figura 22. Resultados de simulação da secagem de charque em secadores estacionários, tipo tunel.

Este tipo de secador estacionário não é prático, devido ao grande gradiente de umidade existente entre as diferentes camadas no secador. Em consequência disto, o padrão final de umidade dos produtos é muito variável e a capacidade do secador fica comprometida. Se o sistema é modificado, mudando de estacionário para semi-contínuo ou por lotes, os problemas surgidos ficariam resolvidos. A mudança é de fácil implemento na prática, pois seria retirado o primeiro carrinho quando o seu teor de umidade fosse o desejável e então se colocaria um novo carrinho com o produto úmido na entrada do secador (fig. 16).

Na fig. 23 estão os resultados de simulação de um secador por lotes, das mesmas características do estacionário, mas operando como o indicado no parágrafo anterior com uma temperatura de secagem de 40°C. Observa-se que aproximadamente a cada 32 horas um carrinho completou o ciclo de secagem, saindo do secador e sendo substituído por um outro úmido. O padrão de umidade final do produto foi bastante uniforme e a capacidade foi consideravelmente aumentada para até 6,4 kg/hora.

Notou-se nestes exemplos o grande potencial da simulação no projeto de secadores. Estudos simulados de desempenhos de diferentes tipos de secadores poderiam ser realizados até se determinar aquele que melhor efetua o trabalho desejado. Além disso, visando a otimizar as condições de operação, simulações também poderiam ser efetuadas numa tentativa de melhorar a eficiência do sistema.

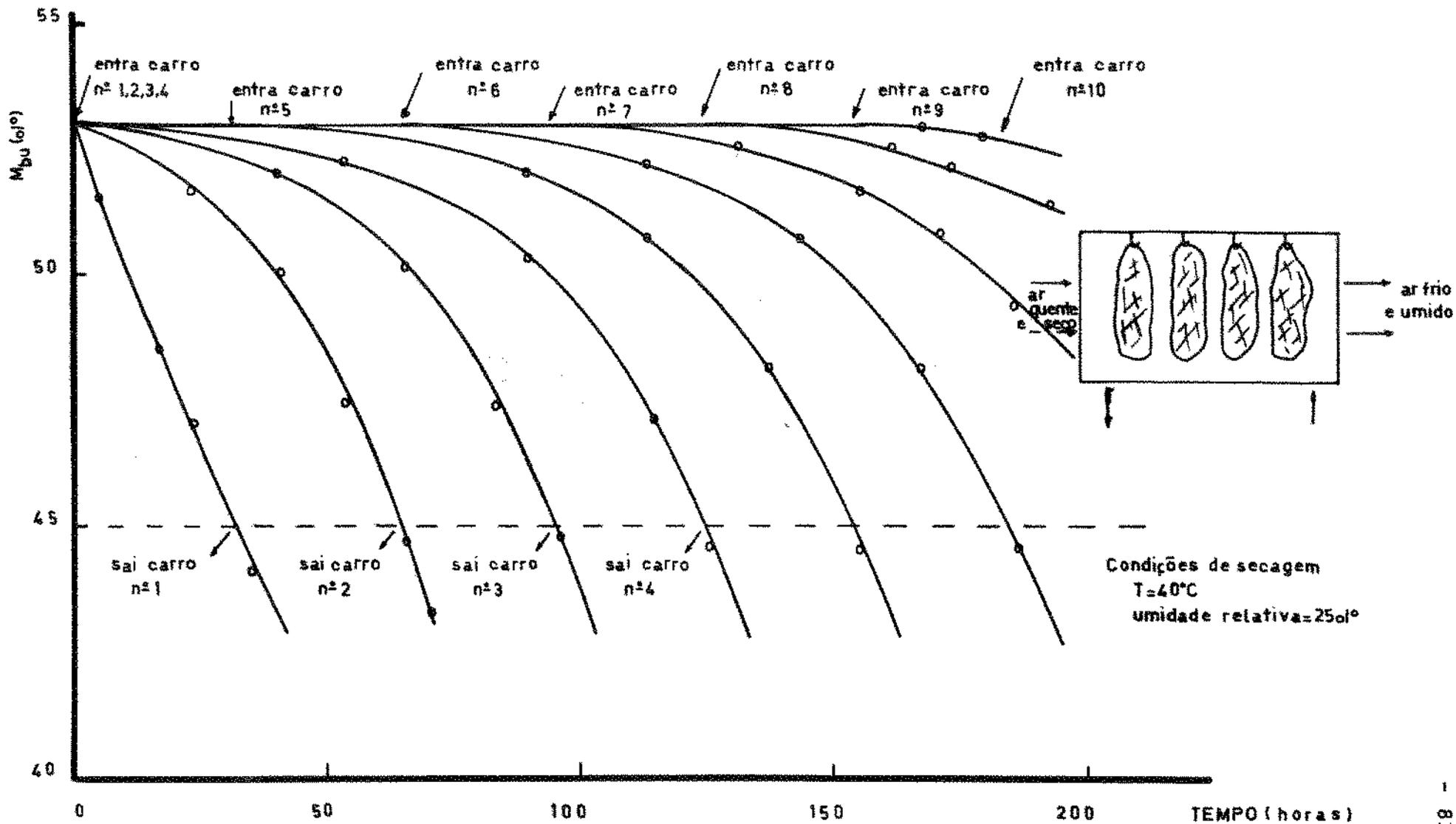


Figura 23. Resultados de simulação de secagem de charque em secadores tipo tunel, por lotes.

6. CONCLUSÕES

6.1. A utilização da energia solar para a secagem do charque com o uso de coletores mostrou-se viável.

6.2. Do ponto de vista de secagem, o secador de tubo perfurado foi o que melhores resultados apresentou.

6.3. Com apenas o sistema de ventilação em funcionamento no período da noite, o produto sofreu sensível reumidificação.

6.4. Com as "mantas" penduradas em ganchos e não simplesmente dobradas sobre varais, observou-se considerável redução no tempo de secagem.

6.5. As análises de variância correspondentes à avaliação do sabor, textura e preferência do charque mostraram não haver diferença significativa entre os tratamentos efetuados.

6.6. As análises microbiológicas, embora demonstrando algumas discrepâncias, obedeceram linhas confirmatórias da qual que a teoria aponta em processo de maturação microbiana de produtos cárneos.

6.7. A secagem ao sol evidenciou uma grande contaminação do produto ($1,2 \times 10^7$ germes/g) comparada com a secagem com uso de coletores solares (5×10^5 germes/g).

6.8. A maturação do charque, preparado com o uso de coletores solares, processou-se após a secagem, pelo empilhamento do produto coberto com lonas por um período de seis dias, aproximadamente.

6.9. A simulação matemática do processo de secagem do charque, conforme modelo de THOMPSON e col. (40), mostrou ser de valia prática.

6.10. A equação para cálculos de secagem de peças individuais somente poderia ser utilizada se estas fossem do mesmo tamanho que as usadas na pesquisa, enquanto que as outras três equações desenvolvidas poderiam ser utilizadas sem nenhuma restrição.

7. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

7.1. Pesquisas futuras deveriam ser realizadas na tentativa de se obter um modelo para a secagem de peças individuais em que seus tamanhos e espessuras fossem mais uma variável.

7.2. Estudos sistemáticos e quantitativos deveriam ser conduzidos para verificar os efeitos da secagem sobre a qualidade nutricional, sensorial e microbiológica do charque.

7.3. Simulações com modelos aprimorados de secagem e de qualidade deveriam ser efetuadas de modo, a serem desenvolvidos métodos mais eficientes e econômicos que os atualmente usados.

8-BIBLIOGRAFIA

1. A.O.A.C. - 1970 - Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist. 11th Ed., Washington, D.C.
2. BARRETO, J.F. - 1961 - O Sal e a Pecuária Brasileira, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura.
3. BAKKER-ARKEMA, F.W.; BICKERT, W.G. - 1967 - Deep bed cooling and dehydration of biological products. ASAE Paper nº 67-315.
4. BAKKER-ARKEMA, F.W.; PATTERSON, R.J. - 1971 - Drying of Kidney Beans, Paper nº 71-350. Apresentado na "Reunião de Verano de ASAE" em Pullman, Washington, U.S.A.
5. BORGSTROM, G. - 1965 - Fish as Food, New York, Academic Press, Vol. III, 19 Edição.
6. BROOKER, F.; BAKKER-ARKEMA, C.W.; HALL, C.W. - 1974 - Drying Cereal Grains. The AVI Pub. Co. Inc., New York.
7. CHARM, S.E. - 1971 - The Fundamentals of Food Engineering, Conn, The AVI Pub. Co. Inc. Westport.
8. DEL GIUDICE, P.M. - 1959 - Exposed Layer Wetting Rates of Shelled Corn. Purdue University, Lafayette, Indiana, Agricultural Engineering Department. (Tese de Mestrado).
9. DICKERSON JUNIOR, R.W. - 1969 - Thermal Properties of Foods, in: The Freezing Preservation of Foods, 4th Ed., Vol. 2, Conn, The AVI Pub. Co. Inc. Westport, TRESSLER, D.; EVERS, C.F.
10. DUSSAULT, H.B.; LACHANCE, R.A. - 1958 - Improved medium for red halophilic bacteria from salted fish. Can, J.Fish Res. Bd., 9(3): 59-76.
11. GALLAHER, G.L. - 1951 - Method of Determining the Latent Heat of Agricultural Crops. Agr.Eng. 32: 34-38.

12. GUTHEIL, N.C. - 1955 - Estudo sobre o "Vermelhão" do charque. In: Anais do II Congresso Estadual de Química Tecnológica, Pelotas, Rio Grande do Sul.
13. GUTHEIL, N.C. - 1955 - O Sal na Elaboração do Charque. In: Anais do II Congresso Estadual de Química Tecnológica, Pelotas, Rio Grande do Sul.
14. GUTHEIL, N.C. - 1956 - Considerações sobre a ocorrência de bactérias halófilas vermelhas na indústria de charque. Boletim do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, nº 2.
15. GUTHEIL, N.C. - 1956 - Micrococci relacionados com fermentações muscilaginosas cinzentas e com rancificação, na indústria do charque. Boletim do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, (datilografado).
16. GUTHEIL, N.C. - 1958 - Considerações do Estudo das Salmouras usadas na elaboração do charque. Boletim do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, nº 3.
17. HALL, C.W. - 1957 - Drying Farm Crops. Michigan, Agricultural Consulting Associates.
18. HAYNES, B.C. - 1961 - Vapor Pressure Determination of Seed hygroscopicity. Tech. Bull, 2: 45-49, 1229 ARS, USDA, Washington, D.C.
19. HELMAN, D. - 1973 - Fundamentals of Food Engineering. Notas mimeografadas, Michigan, State University, The Agricultural Engineering Department.
20. HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. - 1970 - Agricultural Processing Engineering, New York, 2nd Edition.
21. HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. - 1966 - Agricultural Process Engineering, New York, John Willey & Sons.

22. HOLDSWORTH, S.D. - 1971 - Dehydration of food products. J. Food Technol. 6: 331-370.
23. KAZARIAN; HALL, C.W. - 1965 - Thermal Properties of Grain Transactions. ASAE, 8(1): 33-38.
24. LEBEDEFF, S. - 1958 - Controle de bactérias na elaboração do charque com Aureomicina. XII Congresso Brasileiro de Quimica, Salvador. In: PARDI - 1961 - Elaboração do Charque no Brasil.
25. LEVIE, A. - 1970 - Meat Handbook. Conn, The AVI Pub. Co. Inc. Westport, U.S.A.
26. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - 1952 - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Dec. Fed. nº 30691/52.
27. OTHMER, D.F. - 1940 - Correlating Vapor Pressure and Latent Heat Data. Industrial and Engineering Chemistry. 32: 841-846.
28. PARDI, M.C. - 1961 - Elaboração do Charque no Brasil. Faculdade Fluminense de Medicina Veterinária, Rio de Janeiro, Tese apresentada no concurso para professor catedrático da 16ª cadeira Tecnologia de Produtos de Origem Animal.
29. PRICE, I.F. - 1971 - Ciência de la Carne y los Productos Cárnicos. Zaragoza - España, Editorial Acrisia. (1ª Ed. em Espanhol).
30. QUEIROZ, M.I. - 1977 - Influência da Secagem com Coletores Solares na qualidade do pescado salgado. (Tese de Mestrado Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas).
31. ROA, G.; FIORENZE, R.; ROSSI, S.J.; VILLA, L.G. - 1977 - Dynamic Estimativa of Thin Layer Drying. No prelo.

32. ROA, G.; MACEDO, I.C. - 1976 - Drying of Carioca Beans with Solar Energy in a Stationary Bin. Paper nº 76-3021 presentado en la Reunión de Verano de ASAE en Lincoln, Nebraska, U.S.A. (datilografado).
33. ROA, G. - 1974 - Natural Drying of Cassava. These de PhD apresentada à Michigan State University.
34. ROA, G.; MACEDO, I.C. - 1976 - Grain Drying in Stationary Bins with Solar heated air. Solar Energy, 18: 445-499.
35. ROA, G.; VILLA, L.G. - 1977 - Secagem e armazenamento de grãos e sementes em silos mediante a utilização de ar ambiente e com auxílio de coletores solares. Apostila, Departamento de Engenharia Alimentar, Unicamp, Campinas.
36. SANCHES, J.; LAN, R. - 1973 - Tecnologia del Salado y Secado artificial de la Merluza (Merluccius gayi permanus). Instituto del Mar del Peru, Informe nº 43.
37. SCHNEIDER, I.S.; NIVEN JUNIOR, C.F. - 1958 - Estudo da Alteração denominada "Vermelhão" do charque. Arquivos Brasileiros de Nutrição, 14(2): 59-76.
38. SCHNEIDER, I.S.; NIVEN JUNIOR, C.F. - 1959 - Estudo de Alteração denominada "Vermelhão" do charque. Arquivos Brasileiros de Nutrição 15(1): 43-52
39. SEAONE, P. - 1928 - La industria de las Carnes en el Uruguay. Montevideo. In: PARDI - 1961 - Elaboração do Charque no Brasil.
40. THOMPSON, T.L.; PEART, R.M.; FOSTER, G.H. - 1968 - Mathematical Simulation of Corn Drying ... a New Model. ASAE, 11(4): 582-593.
41. THOMPSON, J.H.; SHEED, S.K. - 1964 - Equilibrium Moisture and Heat of Vaporization of Shelled Corn and Wheat. Agr. Eng. 35(11): 788-790.

42. THORNTON, H. - 1969 - Inspeção de Carnes. São Paulo, Fremag Ltda. (1ª Ed. em Português).
43. VILELA, E.R.; ROA, G. - 1976 - Utilização da Energia Solar para secagem de café em terreiro e silo. Artigo apresentado no II Congresso da Sociedade Brasileiro de Energia Agrícola, Sorocaba, SP, (datilografada).
44. VILLA, L.R.; ROA, G.; MACEDO, I.C. - 1977 - Desenvolvimento de sistemas para secagem solar de grãos em silos estacionários. Trabalho apresentado no III Simpósio Brasileiro de Transferência de Calor e Mecânica de Fluidos. Rio de Janeiro, 18-20 de maio, (datilografado).
45. VILLA, L.G.; ROA, G.; BIANCHI, A.D. - 1977 - Uso de Simulação Matemática na análise de dados meteorológicos para determinação da vazão mínima de ar na secagem natural de grãos em silos. Trabalho apresentado no VII Congresso da Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Pelotas, Rio Grande do Sul, (datilografado).
46. VILLA, L.G.; BIANCHI, A.D. - 1976 - A velocidade de secagem de grãos em camada delgada e sua influência na secagem de camadas grossas. Apresentado no VI Congresso da Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Sorocaba, SP. (datilografado).
47. VILLA, L.G.; ROA, G.; MACEDO, I.C. - 1976 - Estudo Comparativo da secagem natural e solar de soja em silos. Artigo apresentado no VI Congresso da Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Sorocaba, SP. (datilografada).
48. VILLA, L.G.; ROA, G.; MACEDO, I.C. - 1976 - Simulação Matemática de secagem natural e com auxílio de coletores solares de soja em silos. Apresentado no 2º Seminário Nacional de Armazem. Brasília, DF., (datilografado).

49. VILLA, L.G.; BRAUMBECK, O.; ROA, G.; MARCONDES, J. - 1977 -
Estudo comparativo de secagem solar de cacau em barcaças.
Trabalho apresentado na 29ª Reunião da SBPC, São Paulo,
6-13 julho, (datilografado).
50. VILLA, L.G.; ROA, G.; VILLALOBOS, G. - 1978 - Secagem solar
e natural de sementes de soja em silos. Apresentado no
IIª Congresso Latino-Americano de Energia Solar, João Pes
soa, Paraíba, (datilografado).
51. WIRTS, H.C.; GARCIA, C.; LEPRAT, E.; NECHMAN, M.; NEUSCHUL,
F.; RIVERO, V. - 1975 - Secado de pescado salado. Facul-
dade de Ingenieria Universidad de La Republica Montevideo,
(apostila).