



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO
PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

DISSERTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICRO-INDUSTRIAL
PARA OBTENÇÃO DE AGUARDENTE BIDEDESTILADA DE
ALGAROBA (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC)**

Dis
G31(043.3)
S586d
v.01

CLÓVIS GOUVEIA DA SILVA

Campina Grande – Paraíba
Agosto de 2002

CLÓVIS GOUVEIA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICRO-INDUSTRIAL
PARA OBTENÇÃO DE AGUARDENTE BIDEDESTILADA DE
ALGAROBA (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC)**

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande, em cumprimento
às exigências para obtenção do grau
de Mestre.

UFCG - BIBLIOTECA

Orientadores:

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Profa. Dra. Maria Elita Duarte Braga

**UFCG / BIBLIOTECA
DOAÇÃO**

**CAMPINA GRANDE- Pb
Agosto/2002**

Ficha Catalográfica

5586d	Silva, Clóvis Gouveia
2002	Desenvolvimento de um sistema micro-industrial para fabricação de aguardente bidestilada de algaroba (Prosopis juliflora Sw DC)
	Clóvis Gouveia da Silva
	Campina Grande: UFCG, 2002
	108p. : il.
	Dissertação (Mestrado). UFCG / CCT
	Indici Bibliografic
	1. Algaroba 2. Aguardente Bidestilada 3. Prosopis juliflora I. Título
	CDU: 633.37: 582737



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

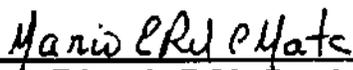
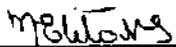
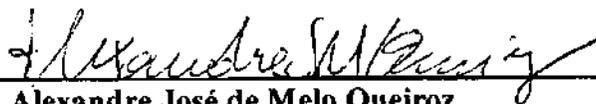
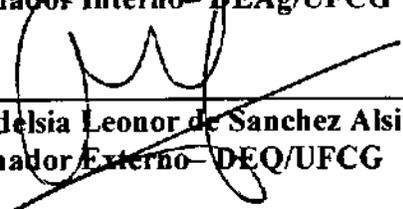
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

CLÓVIS GOUVEIA DA SILVA

Título: Desenvolvimento de um sistema micro-industrial para obtenção de aguardente bidestilada de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC)

BANCA EXAMINADORA

PARECER

 _____ Prof. Dr. Mano Eduardo R.M. Cavalcanti Mata Orientador – DEAg/UFCG	<u>APROVADO</u>
 _____ Profa. Dra. Maria Elita Duarte Braga Orientador – DEAg/UFCG	<u>APROVADO</u>
 _____ Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz Examinador Interno – DEAg/UFCG	<u>APROVADO</u>
 _____ Profa. Dra. Odelsia Leonor de Sanchez Alsina Examinador Externo – DEQ/UFCG	<u>APROVADO</u>

Agosto/2002

DEDICATÓRIA

A DEUS

Aos meus pais

Aos meus filhos, Cláudia, Claudiana e Clóvis

A minha esposa Genilza

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tudo na vida.

A minha família e a minha esposa Genilza pelo carinho, apoio e incentivo constante e aos meus filhos Cláudia, Claudiana e Clóvis;

E a minha grande mana Sônia Maria pelo apoio nas horas que mais precisei;

A CAPES pela concessão de bolsa;

Aos professores orientadores, Dr. Mario Eduardo e a Dra. Maria Elita, pelo apoio, orientação e amizade durante a realização deste trabalho;

Aos professores, Vital de Souza Queiroz, Manoel Ferreira Alves e demais colegas do Centro de Tecnologia pelo apoio e sugestões neste trabalho;

Aos professores deste curso; Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo, Dra. Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia, Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, Dra. Odelsia Leonor de Sanchez Alsina, Dr. Francisco de Assis S. Silva;

Aos colegas do curso em especial a Milene, Concita, Cândido, Zilmar, Kleber, Nayara, Alane, Íris, Robson, Marcelo e em especial ao amigo Saulo Egídio pela ajuda na realização dos experimentos;

A colaboração de Carlos (GIASA), Cláudio (ASPLAN), Marcos e Januário (JAPUNGU), na realização das análises;

A secretária do curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Rivanilda, pelo carinho e amizade estabelecida;

Aos funcionários e alunos do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas;

Em especial ao Dr. Inácio Antonino, em reconhecimento a um dos maiores incentivadores da cultura algarobeira no Nordeste.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Aspectos gerais da cultura	10
2.2 Utilização das vagens da algaroba	14
2.2.1 Algaroba na alimentação humana	15
2.2.2 Algaroba na alimentação animal	17
2.2.3 Toxicidade e outras perturbações pelo consumo da algaroba	18
2.3 Composição química da vagem	21
2.4 Produção de aguardente	23
2.4.1 Definição	23
2.4.2 Matéria prima	24
2.4.3 Extração	26
2.4.4 O mosto	27
2.4.4.1 Preparo do mosto	27
2.4.4.2 Correção do mosto	27
2.4.4.3 Quanto à temperatura	29
2.4.4.4 Quanto ao pH	29
2.4.4.5 Exigências nutricionais	30
2.4.4.6 Preparo do inóculo	30

2.4.5	Fermentação	31
2.4.5.1	Tipos de fermentação	33
2.4.5.2	Agente fermentativo	34
2.4.6	Destilação	34
2.4.7	Bidestilação	36
2.4.8	Envelhecimento	37
2.4.9	Controle de qualidade	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	Local do experimento	41
3.2	Matéria-prima	41
3.3	O processo de fabricação	41
3.3.1	Recepção e seleção	43
3.3.2	Pesagem da vagem	43
3.3.3	O corte das vagens	43
3.3.4	Trituração da vagem	43
3.3.5	Prensagem	44
3.3.6	Diluição	44
3.3.7	Preparo do mosto	44
3.3.8	A fermentação	45
3.3.8.1	Fermentação com fermento selecionado	45
3.3.8.2	Fermentação por propagação natural do fermento	45
3.3.9	Destilação	46
3.3.10	Rendimento industrial do processo	48
3.3.11	Bidestilação	51
3.3.12	Análises químicas relacionadas aos padrões de qualidade	51
3.3.12.1	Teor de cobre	52



3.3.12.2	Acidez volátil	52
3.3.12.3	Aldeídos, álcoois superiores e metanol	52
3.3.13	Envelhecimento em barril de carvalho	52
3.3.14	Análise sensorial	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Brix ideal para fermentação	55
4.2	Extração do caldo da algaroba	56
4.3	Fermentação	58
4.3.1	Fermentação com fermento natural	58
4.3.2	Fermentação com fermento industrial	60
4.4	Destilação	64
4.5	Rendimento industrial	68
4.6	Bidestilação	69
4.6.1	Análises químicas	70
4.7	Análise sensorial	71
5	CONCLUSÕES	74
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	APÊNDICE A	83
	APÊNDICE B	104

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PAGINA
1	Algarobeira	2
2	Vagem e sementes de algaroba	3
3	Processo bioquímico da fermentação (fig3)	32
4	Fluxograma de obtenção da aguardente de algaroba	42
5	Esquema do sistema utilizado para fabricação de aguardente de algaroba	47
6	Grau alcoólico em função do teor de sólidos solúveis	55
7	Superfície de resposta da variação do Brix em função do volume e do tempo	59
8	Curvas de monitoramento do teor de sólidos solúveis a 19°Brix do mosto de algaroba e do grau alcoólico, em função do tempo	61
9	Curvas de monitoramento do teor de sólidos solúveis a 13°Brix do mosto de algaroba e do grau alcoólico, em função do tempo	62
10	Destilação do vinho da algaroba a 7,35°GL correspondendo ao experimento 2	64
11	Destilação do vinho da algaroba a 5,9°GL correspondendo ao experimento 3	65
12	Destilação do vinho da algaroba a 3,3°GL correspondendo ao experimento 4	66
13	Destilação do vinho da algaroba a 7,3°GL correspondendo ao experimento 5	66
14	Destilação do vinho da algaroba a 9,1°GL correspondendo ao experimento 6	67
15	Destilação do vinho da algaroba a 10,5°GL correspondendo ao experimento 7	67
16	Bidestilação do destilado alcoólico da algaroba	69

LISTA DE TABELAS

TABELAS		PAGINA
1	Composição química da algaroba	22
2	Experimentos montados para quantificar os processos de fermentação e destilação	52
3	Comportamento do grau alcoólico da fermentação em função do teor de sólidos solúveis do mosto	54
4	Rendimento da extração para diferentes diluições e tipos de extração	56
5	Processo de fermentação natural do mosto da algaroba	58
6	Fermentação do mosto da algaroba com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> contendo o mosto um teor inicial de sólidos solúveis de 19°Brix	59
7	Fermentação do mosto da algaroba com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> contendo o mosto um teor inicial de sólidos solúveis de 13°Brix	61
8	Fermentação do mosto da algaroba com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e com fermento natural contendo o mosto diferentes teores iniciais de sólidos solúveis	63
9	Parâmetros comparativos do Processo de destilação extraído das figuras 10 a 15	64
10	Rendimento industrial do processo de produção de aguardente de algaroba	68
11	Valores dos padrões de qualidade obtidos nas determinações analíticas da aguardente de algaroba	70
12	Valores atribuídos a análise sensorial da aguardente bidestilada e bidestilada pré-envelhecida de algaroba	71
13	Análise de variância do aroma da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada pré-envelhecida	72
14	Comparação entre a média do aroma da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada pré-envelhecida	72
15	Análise de variância do sabor da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada pré-envelhecida	72
16	Comparação entre a média do aroma da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada e pré-envelhecida	73

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um sistema micro-industrial de processamento da vagem da algaroba, visando à obtenção de uma aguardente bidestilada e outra bidestilada e pré-envelhecida em barris de carvalho. Para atingir este objetivo foi necessário estudar: a) a concentração do mosto entre 10° e 20°Brix, no sentido de obter o Brix ideal para fermentação; b) a fermentação natural e fermentação com o uso de fermento selecionado (*Sacharomyces cerevisiae*) monitorando-se de hora em hora o °Brix, pH, grau alcoólico e temperatura; c) o processo de destilação monitorando-se o grau alcoólico a temperatura do alambinque e na saída do condensador; d) determinar durante o processo fermentativo as análises físico-químicas do teor de sólidos solúveis (°Brix), Grau alcoólico, açúcares redutores, açúcares totais e pH; e) Determinar o rendimento industrial do processo; f) Após obtenção do produto bidestilado, determinar os parâmetros relacionados com a qualidade do produto (acidez total, ésteres, aldeídos, álcoois superiores, cobre e metanol; g) Análise sensorial do produto bidestilado e bidestilado pré-envelhecido em barris de carvalho. O processo consistiu em executar as etapas: 1) recepção e seleção, 2) pesagem, 3) corte da vagem, 4) trituração da vagem, 5) filtração e prensagem, 6) preparação do mosto, 7) fermentação (fermento industrial e fermento natural), 8) destilação, 9) Bidestilação, 10) envelhecimento e 11) acondicionamento. Os resultados obtidos foram: a) Na fermentação observou-se que o melhor teor de sólidos solúveis médio foi de 19°Brix e um valor residual não fermentável de 2°Brix; b) Para o processo de extração o melhor resultado foi a uma pressão de 50 kgf/cm² com prensagem manual ou 250 kgf/cm² com prensa automática a uma diluição 1:2 (1 kg de vagem/ 2 kg de água); c) Para o processo de fermentação natural o rendimento foi de 99,7% na fermentação e um teor alcoólico de 10,5°GL. d) O melhor rendimento industrial foi de 52% obtido no experimento 6, onde os rendimentos da extração, fermentação e destilação foram de 72%, 92% e 80,3%, respectivamente; e) as aguardentes bidestilada e bidestilada pré-envelhecida encontram-se dentro dos padrões recomendados pela legislação; f) Na análise sensorial o sabor não difere significativamente entre as duas aguardentes (bidestilada e bidestilada pré-envelhecida), no entanto existe diferença significativamente em relação ao seu aroma.

ABSTRACT

The objective of the present work was to develop a personal computer-industrial system of processing of the bean of the algaroba, seeking to the obtaining of a liquor bidestilada and other bidestilada and pré-aged in oak barrels. To reach those objective it was necessary to study: the) The concentration of the must between 10 and 20 °Brix, in the sense of obtaining ideal Brix for fermentation; b) The natural fermentation and the fermentation with use of selected ferment (*Sacharomyces cerevisiae*) being monitored of hour in hour Brix, pH, alcoholic degree and temperature; c) The distillation process being monitored the alcoholic degree the temperature of the still and in the exit of the condensador; d) To determine during the process fermentativo the physical-chemical analyses of the tenor of soluble solids (°Brix), alcoholic Degree, Sugars reducers, total Sugars and pH; and) To determine the industrial revenue of the process; f) After the obtaining of the product bidestilado, to determine the parameters related with the quality of the product (total acidity, ésteres, aldehydes, superior alcohols, copper and methanol; g) Sensorial analysis of the product bidestilado and pré-aged bidestilado in oak barrels. The process consisted of executing the stages: 1) Reception and Selection; 2) Pesagem; 3) It cuts of the bean; 4) Trituração of the bean; 5) Filtration and prensagem; 6) Preparation of the must; 7) Fermentation (I ferment industrial and I ferment natural); 8) Distillation; 9) Bidestilação; 10) Aging and 11) Acondicionamento. The obtained results were: a) In the fermentation it was observed that the best tenor of soluble solids medium was of 19 °Brix and a value residual non fermentável of 2 °Brix; b) Para the extraction process the best result was the a pressure of 50 kgf/cm with manual prensagem or 250 kgf/cm with automatic press to a dilution of 1:2 (1 kg of vagem/2 kg of water); c) Para the process of natural fermentation the revenue was of 99,7% in the fermentation and an alcoholic tenor of 10,5 °GL; d) THE best industrial revenue was of 52% obtained in the experiment 6, where the revenues of the extraction, fermentation and distillation were of 72%, 92% and 80,3%, respectively; and) The liquors bidestiladas and pré-aged bidestilada are inside of the patterns recommended by the legislation; f) In the sensorial analysis the flavor doesn't differ significantly among the two liquors (bidestilada and pré-aged bidestilada), however significant difference exists in relation to your aroma.

1. INTRODUÇÃO

A algarobeira, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., (algarroba/algarrobo em espanhol, mesquite em inglês e mesquitobaum em alemão) é uma planta xerófita nativa de regiões áridas que vai do sudoeste americano até a patagônia na Argentina e em alguns desertos africanos. Os conquistadores espanhóis quando chegaram ao novo mundo, deram o nome de algarrobo, pela semelhança de seus frutos com as vagens da alfarroba (*Ceratonia siliqua*), abundante na região do mediterrâneo. Ricardo Latchman, citado por GOMES (1961), informa que cronistas da era colonial, relatam os vários usos da vagem da algarroba, inclusive alimentando homens e cavalos das tropas conquistadoras.

Cerca de 44 espécies do gênero *Prosopis*, pertencente à família das *Leguminosae*, subfamília *Mimosaceae*, já foram descritas. Sua taxonomia é complexa e, na maioria das vezes, confusa. As melhores informações disponíveis sobre esta parte foram publicadas por BURKART (1952).

Considerando que as plantas do gênero *Prosopis* crescem facilmente a partir de sementes e se regeneram a partir de suas raízes pivotantes ou de galhos, as árvores mostram uma sobrevivência surpreendente. Além de possuírem uma rede considerável de raízes laterais, desenvolvem raízes pivotantes que vão a busca de água subterrânea e com freqüência penetram até 10 metros de profundidade, chegando, às vezes, a profundidades de até 20 metros. BURKART (1952) relata que algumas espécies são arbustivas, espinhosas, agressivas e de porte rasteiro. Outras são arbustos de tamanho médio ou árvores de grande porte, que podem atingir uma altura de 20 metros, com tronco de mais de um metro de diâmetro. Existem também árvores quase desprovidas de espinhos e, considerando os frutos que produzem, são de grande utilidade para o homem, e suas vagens vêm sendo usadas como alimento de subsistência por civilizações de regiões áridas e desérticas.

A algarobeira, Figura 1, embora também cresça nas proximidades de água, diferentes espécies de *Prosopis* desenvolvem-se em lugares tão secos, que dificilmente outras plantas poderiam ali sobreviver. Essa espécie pode tolerar e crescer com rapidez em solos salinos ou de baixa fertilidade.



Figura 1 - Algarobeira

Geralmente, necessitam de 250mm anuais de chuva, porém algumas espécies adaptam-se a regiões onde a pluviosidade anual não ultrapassa 75mm. Suportam facilmente largos períodos de seca e ainda produzem boa safra de vagens.

As vagens de *Prosopis*, Figura 2, estão entre os alimentos mais antigos utilizados pelo homem pré-histórico no novo mundo. A vagem de algaroba é a fonte de carboidratos e proteínas para muitos habitantes dos desertos do norte e sul do continente sul-americano. O tamanho das vagens varia entre 3 a 20cm de comprimento; são planas ou corrugadas em forma de espiral e contêm várias sementes alojadas em uma polpa doce de cor amarelada.

As vagens caem ao chão ao amadurecer e diferenciam-se de outras leguminosas por não se abrirem ao secar, de modo que não perdem a polpa nem as sementes. Com as vagens provenientes das árvores de *Prosopis* que crescem no Havai, Peru, Argentina, Chile e Brasil pode-se alimentar o gado, fornecendo-as diretamente ou armazenando-as para utiliza-la em períodos posteriores. A vagem possui um valor alimentício que pode ser comparado ao da cevada ou milho.



Figura 2 – Vagens e sementes de algaroba

Apesar das numerosas espécies existentes desta importante xerófila, no Brasil cultiva-se apenas a *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., espécie originária do deserto de Piura no Peru (MENDES, 1984).

No nordeste, surge como uma planta providencial para ocupar as terras áridas e secas, nas quais a sua capacidade de reprodução e expansão é enorme. A algarobeira é de grande rusticidade e apresenta características que justificam a sua utilização nas áreas mais críticas do nordeste. Além de grande valor nutritivo de suas vagens, essa xerófito apresenta a importante característica de frutificar na época mais seca do ano, quando os estoques de forragens naturais atingem um estágio crítico. Tentando oferecer maiores opções para os agropecuaristas e reflorestadores do Nordeste, estão sendo testadas pela EMBRAPA e EMPARN para as condições edafoclimáticas do semiárido, quatro outras espécies de algarobeira, a saber, *Prosopis tamarugo*, *Prosopis alba*, *Prosopis nigra* e *Prosopis chilensis*.

1.1 – Importância

Em 1973, em um simpósio sobre algaroba realizado na estação experimental de agricultura do Texas, apontava para a erradicação da algarobeira das pastagens do Texas. Nos anos que se sucederam, isso foi tentado sem êxito. Assim, uma década depois, em um novo simpósio realizado na Texas Tech University, em 1982, pesquisadores davam ênfase

para o aproveitamento total e racional da planta, bem como das alternativas de utilização das vagens. Para isto, muito contribuíram os livros “Tropical Legumes: Resources for the Future” (NAS citado por FIGUEIREIDO 2000) e “Mesquite – Its Biology in Two Desert Ecosystems” (SIMPSON, 1977). Desta forma, neste evento, a tentativa de erradicar a *Prosopis* deu lugar a uma forte tendência cujo lema central era “O que pode ser feito com a algaroba ?” (“What can be done with mesquite?”) Isto representou um grande e importante passo para redimir esta leguminosa e reconhecer, ante a comunidade científica, o seu verdadeiro potencial.

A excepcional importância e valor do gênero *Prosopis* reside no fato e na capacidade que elas apresentam em transformar terras áridas que nada produzem em terras produtivas. A algarobeira é resistente às secas drásticas e é bem adaptada a temperaturas elevadas e solos pobres. Seu sistema radicular é capaz de buscar água a mais de 50 metros de profundidade. Para povos que habitaram o deserto, do sudeste americano, México, América do sul e da Patagônia, a algaroba, é um produto que serve como alimento, ração, lenha, madeira, armas, ferramentas, sombra e abrigo (SIMPSON, 1977).

Supõe-se que uma das espécies descritas por BURKART (1952), *Prosopis juliflora*, nativa da América Central, foi usada para reflorestar e recuperar regiões áridas e semi-áridas no Brasil, Peru, Sudão, Índia, África do Sul e em Cabo Verde (NAS citado por FIGUEIREIDO 2000). Esta introdução causou polêmica em alguns destes países. Opositores argumentavam tratar-se de espécie invasora que poderia acarretar problemas para o ecossistema local. Já os defensores mostravam o quanto a algarobeira seria útil para regiões inóspitas que nada produziam, abrindo alternativas de aproveitamento de solos pobres, produção de frutos, desenvolvimento de apicultura, alimentação de animais e utilização de suas partes lenhosas.

A algarobeira é hoje, no Brasil, uma espécie de grande importância para a região Nordeste, tanto por suas múltiplas utilidades, quanto por sua perfeita adaptação às condições edáficas e climáticas do semi-árido nordestino. É uma árvore verdadeiramente preciosa para o polígono das secas, pela sua elevada rusticidade à seca, ao calor e aos solos ruins.

As primeiras sementes de algarobeira oriundas do deserto de Piura, no Peru, foram trazidas para o Brasil em 1942 pelo o professor Griffing, então diretor da escola de agronomia de Viçosa. Em 1947 o professor Harland trouxe grande quantidade de sementes do norte do Peru ficando assim, a algarobeira, definitivamente introduzida no país.

A introdução da algarobeira no Brasil deu-se em meados da década de 1940. Dois agrônomos, Guilherme de Azevedo e Pimentel Gomes, tiveram destacada atuação neste processo. Preocuparam-se em usar sementes selecionadas vindas do Peru e do Chile. Levaram em consideração a capacidade da planta de produzir vagens, seu maior teor de sacarose, vagens menos fibrosas, menor ocorrência de espinhos e, ainda, a propriedade de formar plantas de porte mais arbóreo ao invés de arbustivo e rasteiro. Assim, pela primeira vez, espécies do gênero *Prosopis*, espalhou-se pelo semi-árido brasileiro, onde tão bem se adaptaram, produzindo rama e vagem para alimentar animais (FIGUEIREDO, 1975).

E foi na década de 60, durante um período de seca que atingiu a região, que a algarobeira, resistindo a drásticas condições, provou sua importância servindo de alimento para animais e homens. Nesta época, o folclórico “major” Teodorico Bezerra, fazendeiro do sertão potiguar, salvou muitos de seus animais fornecendo-lhes vagens de algaroba e palma picada. A partir daí, tornou-se um ferrenho plantador e defensor da algarobeira para regiões secas do Nordeste.

Segundo FIGUEIREDO (1975), o Major Teodorico teve, também, grande participação no desenvolvimento do trabalho realizado na Alemanha onde, no começo da década de 70, foram feitos os primeiros estudos concretos da composição das vagens, de suas possíveis aplicações tecnológicas, e, principalmente, da caracterização e identificação da goma da semente, galactomanana descrita pela primeira vez na literatura, nesse trabalho.

Graças a esse trabalho, hoje já existe no Brasil tecnologia para produção industrial da goma da semente de algaroba em níveis similares às das gomas importadas, pois segundo FIGUEIREDO (1975) inúmeras pesquisas realizadas em todo o mundo demonstram a semelhança química existente entre um polissacarídeo de alto peso molecular, denominado “galactomanano” existente na algarobeira e os polissacarídeos

encontrados no endosperma das sementes do feijão guar (*Ceratonia siliqua L.*), ambos importados e de grande utilidade na indústria de alimentos.

A partir dessa época, e ainda de acordo com o mesmo autor, foi elaborado e apresentado ao Ministério da Agricultura, um projeto onde uma das principais sugestões previa a introdução da algarobeira no rol das espécies vegetais financiáveis pelo extinto IBDF para recuperação e reflorestamento de terras totalmente improdutivas, alguns órgãos governamentais começaram a dar mais importância ao assunto, com base nas inúmeras utilidades da planta e seus frutos. Posteriormente mais estudos agronômicos foram feitos e grandes áreas começaram a ser plantadas com incentivos governamentais (GALVÃO e LIMA, 1987).

Constatada a importância da algaroba para o nordeste, em meados da década de 70, implantou-se o projeto algaroba, através do IBDF, com o objetivo principal de reflorestar a região semi-árida, com conseqüente mudança na qualidade do clima e do solo, formando na região novos ecossistemas. Este reflorestamento tem sido, nestes últimos anos, a salvação do rebanho nordestino em períodos prolongados de seca (ALVES, 1972a).

O projeto algaroba criado em 1984 pelo o Ministério da Agricultura pretendia implantar 60 mil hectares de algarobeira na região nordestina, beneficiando 20 mil produtores, com o plantio de seis milhões de mudas. Como resultado foram produzidas 3,3 milhões de mudas e plantadas 2,1 milhões delas entre 8,3 mil produtores rurais, no período de 1985/88. Quase 19 mil hectares foram ocupados com plantio de algarobais, em 540 municípios nordestinos.

Por essa razão, o nordeste, nos últimos anos, sempre se manteve como o maior produtor de algaroba do Brasil, sendo que a cultura algarobeira nesses anos, tem apresentado um aumento crescente de produção. No estado da Paraíba, a cultura algarobeira é mais forte na região do cariri. No entanto alguns pesquisadores afirmam que a cultura pode provocar alguns problemas em animais quando fornecida em excesso e tornar-se invasora quando não controlada tecnicamente a germinação causando o esgotamento do solo.

1.2- O Problema

Durante esses anos da implantação da cultura no Nordeste brasileiro, observou-se que a algaroba vegeta bem em solos salinos, pobres, pedregosos e rasos, recuperando-os e protegendo-os contra a erosão. A algaroba é fixadora de nitrogênio no solo, recupera os minerais do subsolo e devido às folhas serem depositadas na superfície do solo melhora a sua fertilidade, cria um micro clima no local onde é implantada, baixa a temperatura do ambiente, mantém a umidade do solo e permite gerar emprego na coleta de suas vagens (ALVES, 1972b).

Devido a essa facilidade de produção em solos e clima adversos, as pesquisas inicialmente, no Brasil, foram realizadas no sentido de atender as necessidades da alimentação animal, no entanto, o beneficiamento da algaroba em nosso estado, não proporciona para o pequeno e médio produtor, vantagens que compensem os investimentos apenas como ração animal, pois para esses, os algarobais devem oferecer outras razões que viabilize o seu cultivo economicamente.

No entanto, em outros Países do mundo como Peru, Chile e Argentina onde os índios habitam determinadas regiões inóspitas como o deserto de Piúra as vagens de algaroba são utilizadas, ainda hoje, na alimentação humana (ANÔNIMO, S/D). Essas vagens são utilizadas no fabrico da farinha, bolos, pães, biscoitos, doces, geleias, mel, algarobina, refrescos, licor e outros produtos. A algarobina é uma bebida muito apreciada no Peru como fortificante e afrodisíaco. Atualmente já se aplica a goma da algaroba na indústria de alimentos como estabilizantes, espessantes, modificadores de texturas em certos sistemas de gel, inibição de formação de cristais, emulsificação, suspensão, inibição de sinérise (FIGUEIREDO, 2001).

Embora as vagens de algaroba sirvam também para a alimentação humana, o seu consumo com esta finalidade, torna-se difícil por não se constituir em um hábito alimentar.

Considerando a grande produção regional (Paraíba) da vagem de algaroba, o alto teor de açúcar na vagem, além da expressiva quantidade de frutos desperdiçados no campo, dados esses levantados junto aos produtores, identificou-se a necessidade de desenvolver

um projeto piloto, de maneira a demonstrar uma alternativa de aproveitamento da cultura, de modo a proporcionar um retorno financeiro significativo, para o produtor dessa cultura.

Analisando a composição da vagem da algaroba, constata-se que ela é também uma fonte rica em açúcares que são susceptíveis a fermentação e que se esses açúcares fossem extraídos, poderiam ser aplicados com sucesso, na indústria de processos fermento-distilados, originando também como subproduto um resíduo de fácil assimilação pelos animais (caprino, bovino, suíno e ovino), durante o período de seca no nordeste brasileiro.

Levando-se em consideração as características acima citadas, esta pesquisa tem como meta, demonstrar de maneira simples e objetiva, que o consumo da algaroba "*in natura*" não é a única alternativa para assegurar a produção da cultura no semi-árido nordestino, podendo viabilizar o seu emprego como matéria prima para produção de aguardente.

A transformação da vagem de algaroba em uma bebida alcoólica bidestilada poderá proporcionar um benefício a todas as regiões atingidas pela estiagem, aumentando consideravelmente as possibilidades de transformação do fruto (vagem), em um produto de valor comercial reconhecido (aguardente).

A obtenção da bebida alcoólica em nível piloto (micro-industrial), requer estudos técnicos que comprovem a viabilidade da transformação. Atendendo a esta necessidade, devem ser desenvolvidas atividades tanto em nível de laboratório como em nível piloto, determinando-se assim, todos os parâmetros necessários, a experimentação e ao funcionamento de uma unidade micro-industrial para produção da bebida.

O estudo técnico e sua experimentação em escala piloto (micro-industrial) do processamento da vagem, por via microbiológica, para se obter uma bebida alcoólica bidestilada, com certeza, despertará nos produtores da cultura a saída mais viável para transformar os açúcares contidos na vagem, em produtos que apresentam valor comercial significativo. A inexistência de meios alternativos (técnicas) para o seu aproveitamento integral, vem justificar a viabilidade de um projeto alternativo de industrialização destes frutos, que persiste em desestimular todos aqueles que cultivam essa cultura em suas propriedades rurais.

1.3 - Objetivos

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema micro-industrial de processamento da vagem da algaroba, visando à obtenção de uma aguardente bidestilada e pré-envelhecida em barris de carvalho.

1.3.1 -Objetivos específicos

- Estudar a concentração do mosto entre 10° e 20°Brix, no sentido de obter o Brix ideal para fermentação;
- Estudar a fermentação natural e fermentação com o uso de fermento selecionado (*Sacharomyces cerevisiae*) monitorando-se de hora em hora o °Brix, pH, grau alcoólico e temperatura;
- Estudar o processo de destilação monitorando-se o grau alcoólico a temperatura do alambique e do condensador;
- determinar durante o processo fermentativo as características físico-químicas (sólidos solúveis ou °Brix, grau alcoólico, açúcares redutores, açúcares totais e pH);
- Determinar o rendimento industrial do processo.
- Após obtenção do produto bidestilado, determinar os parâmetros relacionados com a qualidade do produto (acidez volátil, ésteres, aldeídos, álcoois superiores, cobre e metanol);
- Análise sensorial do produto bidestilado e pré-envelhecido em barris de carvalho

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura

A algaroba ou algarrobo em espanhol é o nome que os conquistadores europeus deram aos frutos das espécies de *Prosopis* encontradas na América do Sul, devido à sua semelhança com os frutos da *Ceratonia siliqua*, leguminosa esta, existente na região do Mediterrâneo (GOMES, 1961).

No mundo existem cerca de 44 espécies de *Prosopis* distribuídas nas Américas, Ásia e África, principalmente nas áreas quentes, de baixa pluviosidade e irregular distribuição de chuvas (Burkart, citado por AZEVEDO, 1961).

Nas Américas se encontram as maiores concentrações e o maior número de espécies *Prosopis* que se distribuem pelas regiões ocidentais mais secas, desde o sudeste dos Estados Unidos até a Patagônia.

A introdução da algarobeira, originária do deserto do Piura, no Peru, foi introduzida em 1942 no nordeste do Brasil no município de Serra Talhada, Pernambuco, onde adaptou-se facilmente à caatinga AZEVEDO (1986). Contudo, segundo o mesmo autor, hoje a algaroba se encontra em todos os estados nordestinos e durante esses anos verificou-se que a produtividade da algarobeira é prejudicada quando ocorreram precipitações elevadas.

Nos climas mais secos do nordeste, a algarobeira tem um crescimento muito rápido. Frutifica aos 2-3 anos e conserva-se verdejante durante os meses mais secos do ano. Na região do Cariri Velho-PB, com pluviosidade ao redor dos 400mm, a algarobeira frutifica no segundo ano e a produção se mantém 30-40 anos (GOMES, 1973).

Segundo BARROS (1981a), a algarobeira cultivada no nordeste, é assim classificada:

Família: Leguminosae

Subfamília: Mimosacea

Gênero: *Prosopis*

Espécie: *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Botanicamente, a algarobeira (Figura 1) é uma leguminosa xerófila cujo caule tortuoso mede em torno de 6 a 8m de altura, podendo chegar a 18 metros de altura (LIMA, 2002). A sua casca é pardo-avermelhada, fendida, escamosa e grossa; folhas bipenadas, um jugo, poucas vezes dois jugos, folíolos com 6-30 jugos, linear oblongos, separados entre si por longo raquis; flores amarelo-pálidas, dispostas em espigas axiliares cilíndricas, de 7cm; fruto, vagem achatada, um tanto curvada e comprida, com depressão entre as sementes (Correia citado por ARRUDA, 1994).

As vagens da algarobeira medem de 15 a 30cm de comprimento, 1 a 2cm de largura, com peso variando entre 4 e 8g. É composto de epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O mesocarpo é rico em sacarose (20 – 25%) e açúcares redutores (10 – 20%). O endocarpo é de consistência lenhosa e guarda nas sementes 34 – 39% de proteínas (VALDÍVIA, 1972).

BARBOSA (1977) e LIMA (2002), mencionam que a algarobeira inicia a sua frutificação aos 2 anos, dependendo da região onde estiver plantada, e multiplica-se facilmente por sementes e não perdem as folhas durante a seca, vegetando bem em solos argilosos ou arenosos e servem como cobertura para terrenos erodidos.

De acordo com os autores acima citados a arborização com algaroba é uma ótima opção para o semi-árido nordestino como forrageira, no melhoramento do pasto e no reflorestamento dos terrenos impróprios para a lavoura. Além de uma área de sombra, a árvore é muito valorizada na região pelos seus múltiplos usos em propriedades rurais e por ser extremamente resistente à seca sendo suas vagens muito apreciadas pelos animais.

Além do que, de acordo com VALDÍVIA (1972), os solos de alta fertilidade não são adequados para o cultivo da algarobeira, pois nesses solos, a planta destina a maior parte de suas reservas para a formação de folhas e ramos em detrimento da produção de vagens. AZEVEDO (1961) e GOMES (1973), relatam que a algarobeira vegeta bem em quase todos os tipos de solos do nordeste, crescendo em solos pedregosos de aluvião, sílico-argilosos e argilo-silicosos. Os autores afirmam também, que sua época de floração se dá no período mais seco do ano

Segundo ARRUDA (1994), já se observou em pesquisas, a tolerância da algarobeira a solos salinos em diferentes áreas do nordeste, onde nenhum outro vegetal conseguiu prosperar economicamente.

Por esta razão é considerada como uma árvore típica das regiões áridas e semi-áridas. A sua sobrevivência em regiões inóspitas se deve a algarobeira possuir dois tipos de raízes: o primeiro tipo, que é a principal raiz, penetra a grandes profundidades em busca do lençol freático e o segundo tipo de raízes são as laterais que correm paralelas à superfície do solo, a uma profundidade que oscila entre 15 e 25 cm, as quais, são responsáveis pela nutrição da planta.

Alguns trabalhos têm sido realizados com o objetivo de se determinar o melhor espaçamento para o plantio da algarobeira. NOBRE et al. (1982), relatam pesquisas com os mais variados espaçamentos, desde 2m x 2m até 20m x 20m, no entanto, foi no espaçamento 10m x 10m que a algarobeira encontrou equilíbrio, uma vez que, além da alta produtividade em frutos, a árvore pode ser podada para obtenção de lenha.

No Peru planta-se algarobeira, com espaçamento 10m x 10m, segundo pesquisa realizada por GOMES (1973), permitindo que durante a estação chuvosa, cresçam gramíneas no algarobal. A época de maturação e queda das vagens, coincide com o período de estiagem, exatamente quando não há mais pasto.

As podas são necessárias no período de formação (crescimento) e de produção. Nos primeiros anos, a poda deve ser moderada e limitar-se a suprimir os ramos mal conformados e manter a copa em perfeito equilíbrio. Quando a árvore atingir certa idade, a poda deve objetivar a máxima produção de frutos; diminuindo o vigor da planta, debilitando-a, convenientemente, para aumentar a produção (VALDÍVIA, 1972).

NOBRE (1987), em seu trabalho sobre os efeitos da poda e da adubação orgânica na produção de vagens de algaroba, afirma ser normal a obtenção de 30m³ lenha/ha, desde que essa poda ocorra em intervalos de cinco anos.

Sobre a produção de vagens de algarobeira na fazenda experimental de Pendência, no município de Soledade-PB, GOMES (1973) pode constatar o alto rendimento unitário de mais

de 200kg por planta isolada ou escolhida dentro de uma população, caracterizando-se, assim, uma opção para o pecuarista no semi-árido”.

De acordo com LIMA (2002) uma árvore com 15 anos produz 78 kg de vagem por ano. No sudeste dos Estados Unidos a produção média de vagem de algaroba é de 8.700 kg por hectare por ano (Walton, citado por GOMES, 1973).

Em solos aluvionais de regiões secas, a algarobeira atinge produções superiores a 8.000kg de vagens por hectare por ano. (GOMES, 1961).

Borja citado por BUZO et al. (1972) considera amplas as possibilidades econômicas, de cultivo da algarobeira, uma vez que um hectare poderá produzir até 9.000kg de vagem por ano.

Mesmo a algaroba sendo no entender de muitos pesquisadores uma espécie vantajosa para produção de matéria verde e lenha em locais inóspitos, alguns críticos entendem a algarobeira como uma planta invasora que domina os ambientes naturais quando implantada nesse meio.

De acordo com LIMA (2002), foi realizado um controle a invasão da espécie, que inibe a implantação natural das espécies nativas. Nesse trabalho comparou-se a diversidade de espécies vegetais regeneradas em uma área de caatinga natural e em outra sobre pressão antrópica (Atividades humanas). Na área preservada foram encontradas cerca de 60 espécies arbóreas/arbustivas diferentes, estimadas em 902 plantas adultas/hectare. Na totalmente degradada, encontrou-se apenas duas espécies, correspondendo a 18 plantas adultas por hectare, sendo a algarobeira a espécie dominante.

Segundo o mesmo autor também foram realizados trabalhos no Semi-árido, cujo objetivo foi favorecer subsídios para uma exploração produtiva da algaroba sem causar maiores danos à natureza. Para reduzir o avanço espontâneo da algarobeira sobre áreas de caatinga o pesquisador controlou o manejo de animais nessas áreas pois já se sabe que esses animais ao ingerirem as vagens "in natura" não eliminam totalmente as sementes, sendo estas disseminadas pelas fezes. Em contato com o solo e encontrando boas condições de umidade,

as sementes de algaroba germinam e crescem, infestando a região, sendo portanto, os animais, os agentes "dispersores" e a água os "facilitadores".

Quanto à colheita da algaroba esta é feita, de uma maneira geral, manualmente coletando-se as vagens que já caíram e estão no solo. Quanto ao seu armazenamento, recomenda-se o emprego de galpões com piso de madeira no para evitar o contato dos frutos com o solo. Em caso do produto ser ensacamento, deve-se colocar estrados de madeira no piso e proceder-se o empilhamento dos sacos, tendo-se o cuidado de deixar entre pilhas, canais de circulação de ar. Quando se deseja armazenar as vagens por muitos meses é aconselhável fazer o tratamento com produtos químicos, comuns na preservação de grãos de milho e feijão.

A EMPARN (S/D), entre os anos de 1978-1980 realizou pesquisas com vagens de algaroba armazenando o produto nos armazéns da CIBRAZEM em Campina Grande-PB. A Empresa armazenou 15 toneladas vagens de algaroba que receberam controle químico contra o ataque de insetos, durante quase três anos, usando pastilhas de fosfina (Fosfoxim). Durante este período usou-se o inseticida três vezes. O material armazenado conservou-se muito bem, física e quimicamente durante todo o período da armazenagem., conforme análises realizadas no IPA de Pernambuco.

2.2 – Utilização das vagens da algaroba

As vagens da algarobeira fazem parte dos alimentos usados pelo homem desde a pré-história, nas regiões onde a planta é nativa. São palatáveis, aromáticas, lembrando baunilha, e doces em função do elevado teor de sacarose, que pode chegar a 30%. Sua proteína é de quantidade e digestibilidade razoáveis equiparando-se às da cevada e do milho (FELKER & BANDURSKI, 1977; BECKER & GROSJEAN, 1980; DELVALLE, 1985). Historicamente, as vagens são trituradas para fazer uma espécie de farinha que serve para preparar um tipo de pão. Deixadas fermentar, graças ao elevado teor de sacarose, dão origem a uma bebida alcoólica. Vagens verdes podem ser cozidas à semelhança de vagens de feijão. Já o extrato aquoso obtido por maceração e cocção de vagens maduras, dá origem a um xarope comercializado em alguns países latino-americanos sob o nome de "algarobina", e que pode ser usado como tônico e adoçante de café e outras bebidas. A partir desse extrato concentrado desenvolve-se uma bebida (à imitação de suco) refrescante, nutritiva e de sabor agradável

(MACHADO & FIGUEIREDO, 2000). Pode-se, também, a partir desse extrato concentrado, obter formulação para geléias, como realizado com excelente aceitação por GROSSI (1993) e GROSSI E FIGUEIREDO (2000).

Quando quebradas em pedaços pequenos e torradas, as vagens, depois de moídas, dão origem a um pó que pode ser usado como substituto (total ou parcial) do café (GOUVEIA & FIGUEIREDO, 2000).

As vagens colhidas e trituradas podem destinar-se ao fabrico de rações podendo substituir, em parte, o milho.

Outro produto que pode ser produzido com a algaroba é a goma bruta que é extraída das sementes, sendo que no endosperma das sementes é que se encontra a goma bruta. Este produto é considerado seu constituinte mais nobre e corresponde a cerca de 30% da semente e a 3% do peso da vagem. Teoricamente, chega-se a uma produção de 300 kg de goma por hectare (FIGUEIREDO, 1975).

2.2.1 – Algaroba na alimentação humana

Desde a época da colonização já se observava a utilização dos frutos da algarobeira como fonte de alimentação humana, pois os espanhóis quando chegaram na América do sul encontraram os índios se alimentando com esses frutos. Este fato foi constatado pelos espanhóis principalmente nas regiões semidesérticas que se estendem do sul do Equador ao Centro do Chile e da Argentina (CAMPELO, 1987). De acordo com o mesmo autor existem referências à sua utilização na alimentação humana, de forma tradicional, em outros países além daqueles já acima mencionados como a Índia e outros existentes no Oriente Médio.

Nas regiões subdesenvolvidas com características semi-árida e áridas a fome constitui um problema gravíssimo e os organismos internacionais como a Organização Mundial da Saúde (OMS), e Organização de Fundos para a Alimentação (FAO), têm desenvolvido os mais diversos programas, destacando-se principalmente, aqueles que visam a produção de alimentos. Seguindo estas linhas gerais, vários órgãos de pesquisa nacionais e regionais, especificamente, no Nordeste Brasileiro, procuram sistematicamente incentivar a produção de

alimentos, principalmente no semi-árido, pesquisando espécies vegetais adaptáveis às condições de clima e solo que preencham os requerimentos nutricionais mínimos.

A viabilidade desta fonte alternativa de alimento no Nordeste Brasileiro, carece de uma investigação científica, já que seu cultivo é relativamente recente, e sabe-se que as mudanças climáticas e de solo implicam em alterações, por vezes prejudiciais, no valor nutritivo dos alimentos de origem animal.

Dessas pesquisas surgiram novos questionamentos a respeito da utilização da algaroba como fonte de alimento para não ruminantes onde o aproveitamento dos nutrientes não dependesse da ação dos microorganismos do rúmen. Tornou-se indispensável portanto determinar a sua eficácia alimentar, o valor biológico de suas proteínas, o potencial energético efetivo de seus carboidratos redutores e não redutores, além de sua adaptação à dieta humana.

Segundo FARIAS et al. (S/Db) essas interrogações originaram novas pesquisas, que no momento são financiadas pelo CNPq. Um dos trabalhos que estão sendo apoiados por esse organismo e pela FUNPEC versa sobre a avaliação nutricional de subprodutos da vagem de algaroba para consumo humano, sendo estudado a sua composição química e seus efeitos biológicos;

LINS (S/D) relata que o valor nutricional da farinha e do mel de algaroba tem ausência de toxidez na forma em que são processados. E são ricos em carboidratos e possuem muitos outros nutrientes e proteínas.

Com os testes bioquímicos será determinada a composição de aminoácidos e carboidratos disponíveis para a absorção, além de identificar a presença de lectinas, inibidores de enzimas proteolíticas e alergógenos, geralmente encontrados em sementes de leguminosas. A partir da determinação destes constituintes químico e, conseqüentemente, dos aminoácidos limitantes, poderão ser testados vários tipos de suplementação.

Comprovada a possibilidade de utilização da algaroba como fonte alternativa de alimento humano, será necessário o aumento na produtividade da planta, cujo cultivo, até o presente momento vem sendo realizado, em nossa região, de uma forma empírica, tomando

indispensável o desenvolvimento de novas pesquisas que visem dar um caráter sistemático à cultura da algaroba (FARIAS et al., S/Da).

FIGUEIREDO (2000) em trabalho realizado com algaroba no Instituto de Química Agrícola, no Rio de Janeiro verificou que as vagens de algarobeira caracterizam-se pelo seu elevado teor de açúcar, cerca de 30%, o que lhes confere paladar agradável. Possuem em torno de 12% de proteína bruta. Nos últimos 25 anos, muitos trabalhos foram desenvolvidos tentando estudar melhor a composição e a utilização das vagens na elaboração de novos produtos. A semente de algaroba é, sem dúvida, uma importante e valiosa matéria-prima agroindustrial graças à galactomanana (hidrocoloide) de seu endoplasma. Polímeros deste tipo, gomas LBG e Guar, são usados amplamente na formulação de sorvetes, queijos pastosos, molhos para saladas, iogurtes, etc. O primeiro estudo amplo sobre a composição e propriedades das vagens, incluindo a descrição e a elucidação da estrutura do polissacarídeo da semente, foi publicado em 1975. A composição do óleo da semente bem como perfil de aminoácidos da fração protéica foram, também, descritos. A primeira planta piloto agroindustrial visando o processamento (fracionamento) das vagens foi montada pela Supranor, em Pernambuco, 1995.

2.2.2 – Algaroba na alimentação animal

A vagem é a principal contribuição da algarobeira para a alimentação de bovinos, caprinos, ovinos, suínos e aves. As folhas também são aproveitadas naturalmente ou em forma de feno (AZEVEDO, 1955).

Tanto a vagem quanto as folhas da algarobeira são utilizadas na ração de animais como bovinos, caprinos, ovinos, suínos e aves. O feno da algarobeira é considerado de grande importância para alimentação animal devido a sua composição: Umidade, 29,69%; fibra bruta, 28,25%; resíduo mineral, 5,77%; fósforo, 0,42%% e cálcio, 86% (AZEVEDO, 1986). O México, Ceilão, Estados Unidos e Peru utilizam a algaroba na alimentação de seus rebanhos, sendo que na região do Piúra, no Peru, cerca de 10% do rebanho bovino e 90% do rebanho caprino, recebem como alimento os produtos da algarobeira, principalmente, os frutos (Correia, citado por ARRUDA, 1994). Numa outra região do Peru, Trujillo, a algaroba é misturada com algodão e melão e fornecida ao gado. Quando fornecida isoladamente, é o consumo de 4 kg/dia/cabeça bovina (GOMES, 1961).

Estudos feitos por Aran citado por BARBOSA, (1977), descreve que existe uma melhor utilização da algaroba na alimentação de bovino, quando esta é consumida sob a forma de farinha. O autor também relata que o uso da farinha de sementes de algaroba secas ao forno, na alimentação de suínos, proporcionou um ganho de 0,595kg / dia, contra 0,267kg, quando do emprego de farinha seca ao sol. As rações utilizadas continham 70% de farinhas de sementes secas ao forno e 64% de farinha de sementes secas ao sol, respectivamente.

Em pesquisa feita sobre o valor nutritivo da algaroba, BARROS (1981b), estudou a digestibilidade em carneiros e chegou a conclusão de que a ingestão voluntária de vagem, não foi influenciada pela sua trituração e/ou pelo seu aquecimento. Segundo o pesquisador, as vagens trituradas, associadas ao capim elefante, foram mais consumidas que as não trituradas e a digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e proteína bruta da algaroba não foi influenciada pela sua trituração e/ou aquecimento. O autor também concluiu que a retenção de nitrogênio não melhorou pelo aquecimento ou pela trituração das vagens.

Conforme AZEVEDO (1960), citando ensaios realizados por Coronado e Olcese, no Peru, apresenta a digestibilidade da algaroba através dos seguintes coeficientes: matéria seca – 82,56%; proteína bruta – 80,13% ; extrato etéreo –90,98%; extrativo não nitrogenado – 83,19% e fibra bruta 70,89%. O trabalho desses professores demonstra que a algaroba se apresenta como um alimento de coeficiente de digestibilidade elevado: proteína, digestibilidade - 7,81%; gorduras digestivas – 1,03%; hidratos de carbono digestíveis – 61,10%; PADT – 71,23%; RN – 1:8, 1%.



2.3.4. Toxicidade e outras perturbações pelo consumo da algaroba

Seifert e Beller citado por AZEVEDO, (1961) registram, no Peru, casos de intoxicação em bovinos pastejando cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a uma prolongada estiagem, tendo como ração suplementar algaroba, fornecida na própria área do canavial. Foi identificado que o ácido cianídrico (HCN) é a causa da intoxicação. Os autores explicam que a cana-de-açúcar planta é cianógena, especialmente quando sofre falta de água. Nestas circunstâncias produz glicosídeos cianogênicos, assim como a amigdalina, a qual é desdobrada pela enzima Emulsina, da seguinte forma:

“Amigdalina + Emulsina gera 1 molécula de benzaldeído que adicionada a 2 moléculas de glicose dá 1 molécula de HCN. Os estudos formulados para o aparecimento do ácido cianídrico HCN proveniente da reação da enzima Emulsina com a Amigdalina foi formulado pelos autores pesquisando-se a algaroba.

BARBOSA (1977) explica que o ácido cianídrico formado é absorvido e levado pela corrente sanguínea aos tecidos do corpo animal, inibindo as enzimas oxidativas. A morte do animal se verifica por asfixia, uma vez que os tecidos deixam de receber o oxigênio necessário. Ainda a respeito da intoxicação pela cana-de-açúcar e algaroba, o autor realizou ensaios com carneiros e bezerros alimentando-os com essas forrageiras, em regime de estabulação total, durante 9 e 24 dias, respectivamente. De acordo com os autores os animais não apresentaram sintomas de distúrbios fisiológicos, exceto perda de peso na maioria deles, o que foi explicado como sendo, possivelmente, decorrência de uma discreta intoxicação. Salienta ainda que, talvez, para haver intoxicação aguda com mortes dos animais, seria necessária a ingestão de cana-de-açúcar afetada pela seca. Finalmente, os pesquisadores concluíram que para a área fisiográfica do nordeste brasileiro, sujeita a longos períodos de estiagem a algaroba, quando fornecida com cana-de-açúcar, poderá causar graves problemas; por isso, estudos posteriores deverão ser realizados para melhor comprovação e explicação do fato.

Church citado por AZEVEDO, (1961) trabalhos desenvolvidos por Moram, explica que os glicosídeos inativos, entre eles a amigdalina, são quimicamente inócuos e depois da hidrólise e liberação do HCN é que surgem os problemas de toxidez, principalmente, com ruminantes, cujos microorganismos do rúmen hidrolisam mais rapidamente os glicosídeos.

AZEVEDO (1961) afirma que esses associam a ingestão de algaroba à perturbações da maxila, e da língua de bovinos, o autor, analisando o fato, pondera que as referidas perturbações não ocorrem em nenhum país da América do Sul, onde o uso da algaroba é prática generalizada; no entanto, argumenta ser possível que a alimentação exclusiva com algaroba possa provocar distúrbios, o que poderia acontecer com qualquer outro alimento administrado exclusivamente.

GOMES (1961) afirma que a algaroba “não prejudica o gado” e assinala que nos Estados Unidos, existem técnicos contra e a favor da algarobeira. Por esta razão o autor,

explica, em parte, sua afirmação. No entanto outras razões podem acontecer, como as diferenças ecológicas de regiões, pelo modo de fornecimento, pela qualidade de vagens e pela origem dos algarobais, visto que as algarobeiras dos Estado Unidos divergem das existentes no Peru, em termos de espécies e/ou variedades.

AZEVEDO (1986) diz que a algarobeira dos vales mexicanos contíguos aos Estados Unidos, que tivemos oportunidade de examinar, é muito diferente da algarobeira de origem peruana, são vagens finas e com pouca polpa. É possível que o seu uso como forragem provoque ferimentos na boca dos animais, que sirvam como portas abetas às infecções”.

AZEVEDO (1986) supõe que o consumo excessivo de vagem de algarobeira cause perturbações digestivas a caprinos e ovinos. Pois, já foram verificados problemas quando os mesmos consomem demasiadamente algaroba. Acredita-se que o fato ocorra em virtude da vagem apresentar as extremidades bastante pontiagudas. Então, estando o rúmen bastante cheio, os movimentos provocados sobre a massa ruminal, pelos pilares do rúmen-retículo, podem fazer com que os fragmentos perfurantes traumatizem a mucosa gástrica, acarretando hemorragia e paralisação do rúmen (atonia ruminal). Daí, pode ocorrer uma excessiva fermentação, modificando o pH, oxigenação e temperatura do rúmen, provocando em consequência a morte da microflora. Neste caso, o animal não regurgita; retorna à boca somente o licor ruminal, incham-se as mandíbulas por não ter material fibroso para remastigar; a inchação atinge a parte superior da cabeça; o animal deixa de comer; os pelos ficam arrepiados, caracterizando o quadro sintomatológico de verminose, justificando-se daí a inveracidade da afirmação de alguns criadores de que a algaroba causa verminose. Ainda, segundo AZEVEDO (1961) parece existir alguma relação entre verminose em caprinos e ovinos e a algarobeira durante o período da estiagem. Como essa planta frutifica durante o período seco, quando as forrageiras herbáceas desaparecem ou estão secas e pouco palatáveis, caprinos e ovinos, onde existem bastantes algarobeiras, passam a maior parte do dia sob as copas dessas árvores à cata das vagens. Devido ao aglomerado de animais, muitas vagens ficam sujas de fezes e são ingeridas, propiciando a contaminação verminótica. Além disso, pelo princípio do xerofilismo, as plantas dessa classe começam a transpirar no início da noite (durante o dia os estômatos estão fechados), aumentando a umidade sob as copas das árvores, criando um habitat favorável à disseminação da endoparasitose.

UFCC - BIBLIOTECA

2.3 Composição química da vagem

Quanto à composição da algaroba, CAMPOS (1980) encontrou os seguintes elementos: matéria seca – 82,3%; proteína bruta – 9,9%; proteína digestível – 6,8%; extrato etéreo – 0,8%; cálcio – 0,16%; e fósforo – 0,13%. A análise completa da algaroba pode ser vista na tabela 1.

Azevedo, citado por ARRUDA (1994) elencando ensaios conduzidos por Coronado e Olcese, no Peru, ressalta a digestibilidade da algaroba, através dos seguintes coeficientes: 82,55% de matéria seca (MS); 80,13% de Proteína Bruta (PB); 90,98% de Extrato Etéreo (EE); 83,19% de Extrato não nitrogenado (ENN); 70,89% de Fibra Bruta (FB).

Burkart, citado por CARVALHO (1961) descreve suas experiências com a algarobeira no Norte do Chile onde a polpa da algaroba contém 62,7% de açúcares solúveis e representa 74% do peso do fruto. Assim, 100 kg de algaroba contém 46,4 kg de açúcar, susceptível de dar, teoricamente 27,2 litros de álcool absoluto”.

CAMPOS (1980) expressa a composição da algaroba nos termos que se seguem: Matéria Seca (MS): 89,6%; Proteína Bruta (PB): 9,7%; Proteína Digestiva (PD): 7,8%; Extrato Etéreo (EE): 1,1%; Fibra Bruta (FB): 15,9%; N.D.T.: 71,7%; Cálcio (Ca): 0,42% e Fósforo (P): 0,18%.

Barbosa citado por ARRUDA, (1994) encontrou com base na matéria seca, os seguintes valores: MS – 82,7%; PB – 9,91%; E.E. – 0,83%; carboidratos solúveis – 54,16%; constituintes da parede celular – 25,9%; cinza (resíduo mineral) – 3,76%; Ca – 0,16% e P – 0,13%.

Azevedo, citado por ARRUDA, (1994) cita dados de análise de algarobas oriundas do Rio Grande do Norte – Brasil, em que foram encontrados valores mais expressivos que aqueles referidos por CAMPOS (1980), ARRUDA (1994). Principalmente no que se refere à proteína bruta e extrato etéreo, ou sejam: MS – 82,98%; PB – 12,93%; EE – 4,06%; FB – 19,08%; ENN – 43,16% e resíduo mineral – 3,75%.

BARROS, (1981b), estudando o valor nutritivo da algarobeira, através de ensaio de digestibilidade, em carneiros, conclui que a ingestão voluntária da vagem não foi influenciada pela trituração e/ou aquecimento; vagens trituradas, associadas ao capim elefante, foram mais consumidas que as não trituradas; a digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta e proteína bruta da algaroba não foi influenciada pela trituração e/ou aquecimento; a retenção de nitrogênio não foi melhorada pelo aquecimento ou pela trituração, quando a algaroba foi fornecida em dieta exclusiva, mas o foi, quando triturada e associada ao capim elefante; as vagens de algaroba apresentaram 60% de M.S. digestível; 6,5% de P.D.; 3.212 kcal/kg de energia digestível, 2.634kcal/kg de energia etabolizavel e 72% de N. D. T.

Tabela 1 - Composição química da algaroba

Constituintes	folhas	vagem	polpa	semente	Envoltório da semente
Matéria Seca g/kg	408,2	866,0	828,0	904,2	862,8
Matéria Orgânica	839,5	964,1	946,0	967,7	973,0
Extrato Etéreo	53,5	18,5	17,9	47,0	5,6
Proteína Bruta (N x 6,25)	157,7	100,0	62,5	305,2	37,5
Nitrogênio Total	25,2	16,0	10,0	48,8	6,0
Nitrogênio Protéico	18,6	9,2	4,4	43,6	3,7
Nitrogênio não protéico	6,6	6,8	5,6	5,2	2,3
Fibra Bruta	209,4	167,8	135,0	73,9	526,4
Fibra Neutro Detergente	310,5	296,0	237,5	261,8	731,5
Fibra Ácido Detergente	217,5	193,2	155,0	107,0	573,2
Celulose	131,3	154,6	122,9	88,0	485,7
Lignina	86,2	38,6	32,1	19,0	87,5
Açúcares Redutores	46,6	457,0	536,7	161,8	208,1
MELM	409,9	677,8	748,8	541,6	403,5
Energia bruta, Kcal / Kgms.	4.346,0	5.558,0	4.521,0	4.925,0	4.379,0

Fonte: Barbosa (1983), Madrid.

2.4 Produção de aguardente

2.4.1. Definição

Por definição, aguardentes são bebidas fortemente alcoólicas, obtidas pela fermentação e posterior destilação de mostos açucarados, oriundos do caldo, de melão e de macerados vegetais ou não. Assim, a definição de aguardente é genérica, e, como tal, pode-se encontrar aguardentes de frutas como laranja, uva, banana; aguardente de cereais como cevada, milho, arroz; aguardente de raízes e tubérculos como de beterraba, mandioca, batata; aguardente de colmos como cana-de-açúcar e bambu (CARNEIRO e QUEIROZ, 1994).

Segundo PEIXOTO e RIBEIRO, (1996) de acordo com o decreto 73.267, de 06/12/73 estabelecida pela Portaria 371 do Ministério da Agricultura, publicada no D.O.U de 19/09/74, buscou-se em 1996 estabelecer a diferença entre aguardente e a cachaça. A decisão de ensaiar aguardentes ou cachaças foi motivada por algumas denúncias de que, eventualmente, poderiam estar contaminadas, em particular com metanol ou cobre, ou “batizadas”, o que significa dizer que possuíam teor alcoólico abaixo do exigido pela legislação em vigor, devido à mistura com água. Buscou-se, portanto, fazer uma análise da tendência em termos de qualidade desse produto.

Em 14/11/96, foi concluída a análise em aguardente de cana ou cachaça, que na verdade, segundo a legislação aplicável, são produtos similares, porém distintos. Os ensaios verificaram a conformidade das aguardentes de cana e das cachaças segundo a legislação aplicável.

A pesquisa concluiu que a diferença básica entre a aguardente de cana e a cachaça está na origem da matéria-prima. Enquanto a aguardente de cana é feita diretamente a partir do destilado da cana, a cachaça é feita a partir do melão resultante da produção do açúcar de cana.

Algumas aguardentes predominam em determinadas regiões, segundo a disponibilidade das matérias-primas que as originam. Assim, onde ocorre abundância de uvas, a preferência é do tipo conhaque, obtida da destilação do vinho; também a bagaceira ou a graspa, podem ser produzidas oriunda da destilação dos resíduos da vinificação. O uísque tem

o seu máximo de interesse onde imperam culturas de cevada ou de milho, enquanto que o rum e a aguardente de cana são oriundos das regiões tipicamente canavieiras. Além dessas aguardentes obtém-se, ainda, entre outros, o saquê que provem do arroz, o araque que é originário da fermentação do mosto de tâmaras, o quirch que é feito da cereja, a vodka que vem da cereja ou da batata, o gim que provem de cereais e bagas de zimbro (CARNEIRO, 1994).

De acordo com ALVES (2001), as pesquisas no Brasil, com a algaroba se resumem a poucos trabalhos. Não existe, nenhuma estação experimental no nordeste que desenvolva pesquisas com algaroba. Quase que a totalidade das pesquisas até o momento foram dirigidas no sentido de utilizar a algaroba como ração animal ignorando-se totalmente o potencial de açúcar existente, passível de ser transformado em produtos fermento destilados de qualidade e subprodutos a partir do resíduo de alto valor nutritivo para fabricação de ração animal.

CARVALHO (1961) descrevendo suas experiências com algarobeira cultivada no norte do Chile, observa que a polpa da algaroba contém 46,4kg de açúcar susceptível de dar, teoricamente, 27,2 litros de álcool. Da mesma forma CAMPELO (1987) também constatou que de 100 kg de vagens da algarobeira, foram produzidos 28 litros de álcool bruto.

Campana citado ARRUDA (1994) em seus estudos, obteve etanol mediante fermentação dos açúcares de algaroba, utilizando o processo fermentativo convencional. A levedura empregada foi a *Saccharomyces ellipsoideus*, sendo a vagem dividida em três partes: polpa, onde se encontram os açúcares fermentescíveis, caroço (fibra) e semente (proteína e polissacarídeos). O volume do inóculo foi de 10% do volume útil a fermentar. Da mesma forma ARRUDA (1994) também estudou a produção de etanol a partir da vagem da algarobeira, utilizando o processo convencional das destilarias e concluiu pela viabilidade da implantação de projetos dessa natureza.

2.4.2 Matéria prima

A fabricação de aguardente, tal como qualquer indústria de transformação, não pode prescindir da qualidade da matéria-prima processada. Qualquer produto que contenha açúcar ou outro carboidrato, constitui-se em matéria-prima para obtenção de etanol. Entretanto, para

que seja viável economicamente, é preciso considerar-se seu volume de produção, o rendimento industrial e o custo de fabricação (LIMA,1975).

O êxito da industria da aguardente depende do esforço conjugado do produtor, que deverá entregar uma matéria-prima de boa qualidade e do industrial, em procurar obter o melhor rendimento possível. Na fabricação da aguardente, esta associação fica normalmente ligada a industria, tendo em vista que a responsabilidade do fornecimento da aguardente é do próprio fabricante (VALSECHI, 1960).

Como boa matéria-prima para a produção de aguardente, deve-se entender como um produto em estagio ideal de maturação, sadios, recém colhido e livre de matéria-estranha. Infelizmente estas características requeridas pela industria, de maneira geral, não tem sido constatadas, o que tem comprometido seriamente o rendimento, como também a qualidade do produto final (NOVAIS, 1971).

Existem varias maneiras de classificar as matérias-primas para a produção de etanol, mas qualquer um dos critérios que se adote deixa algo a desejar. Podem-se classifica-las em matérias açucaradas, agrupando-se cana, beterraba, melaços, mel-de-abelhas e frutas; em matérias amiláceas e feculentas, agrupando-se amido de grãos, a fécula de raízes e tubérculos; e em matérias celulósicas, incluindo palhas, madeiras, resíduos sulfiticos de fabricas de papel. Entre as matérias açucaradas, costuma-se distinguir as diretamente fermentescíveis e não-diretamente fermentescíveis. As primeiras são os monossacarídeos existentes nos sucos de frutas. Sua importância industrial reside na produção de etanol em bebidas como vinho e a cidra. As não-diretamente fermentescíveis são os dissacarídeos, que fermentam após uma hidrolise, à qual se dá o nome de inversão e que se realiza normalmente por ação de enzimas do agente de fermentação. A sacarose é o representante mais importante dos componentes de produtos como cana-de-açúcar e dos melaços (LIMA,1975).

De acordo com o mesmo autor, de uma maneira geral, o processo de alcoolização é fácil, não exige conhecimentos profundos e a matéria-prima que se usa nas industrias nem sempre é pura. Em qualquer caso a matéria prima de qualquer produto vegetal varia com um grande numero de fatores, uns controláveis pelo homem, outros não. Entre eles destacam-se: a variedade, a idade, as regiões e as condições culturais, de maturação, de sanidade, de colheita, de transporte, de armazenamento e de industrialização.

As composições que se seguem se referem principalmente ao material suscetível de se transformar em etanol.

As matérias amiláceas e feculentas fermentam após uma hidrólise, que se chama de sacarificação, pela qual o amido in fermentescível se transforma em açúcar fermentescível. A alcoolização processa-se através de técnicas industriais mais complexas, em alguns casos, à semelhança de trabalhos de laboratório. Pela necessidade de maiores conhecimentos, pelas dificuldades de conservação e de fermentação da matéria-prima original e pelo custo da fabricação os álcoois de cereais produzem-se no Brasil, em pequena escala, com maior importância para a indústria de bebidas

As matérias celulósicas não oferecem, para o país, condições econômicas de exploração, porque não há concentrações de indústrias de papel ou de madeira, para que o rendimento seja elevado e o custo de produção suficientemente baixo

Para o Brasil, enquanto não houver concorrência do álcool de síntese, as únicas matérias-primas de importância econômica imediata para a produção do etanol industrial são os melaços e a cana-de-açúcar; para a preparação de bebidas destiladas, a cana-de-açúcar e as matérias amiláceas, particularmente o milho. A mandioca é a uma matéria feculenta potencial que já foi explorada industrialmente e que é usada nos dias de hoje, em pequena escala, onde na região Nordeste essa aguardente é conhecida por tiquira (LIMA, 1975).



2.4.3 Extração

A extração do caldo é um dos fatores que governam o rendimento de aguardente por tonelada de produto processado, estando este diretamente relacionado com o número e tipo de unidades esmagadoras, como também o perfeito desempenho das moendas.

As destilarias de aguardente, de maneira geral, em função da capacidade, estão dotadas de diferentes números de termos de moagem, variando entre 1 e 5.

As destilarias que trabalham apenas com um terno têm a sua extração comprometida, não conseguindo extrações maiores do que 60%, em moendas desprovidas de reguladores de

pressão, as chamadas “queixo duro”, enquanto que as dotadas de reguladores de pressão, os valores de extração atingem até 70%. A baixa extração é consequência, principalmente, da regulagem da moenda, da ausência de preparo de cana e da alimentação irregular.

As destilarias de mais de um terno de moagem, têm a capacidade e extração dependentes do número de ternos, do tipo de equipamento, do preparo de cana, da embebição, etc. a extração nessas destilarias tem variado de 75 a 92%. Esta variação é consequência da alimentação, da embebição e do preparo da matéria prima.

No que se refere à alimentação das moendas sem regulador de pressão, desde que a cana esteja bem preparada, a irregularidade de alimentação compromete tanto a extração como a capacidade, visto que, as aberturas são constantes.

Com relação às moendas dotadas de reguladores de pressão, onde a extração independe do volume de cana, os fatores preparo e embebição, são os responsáveis por um trabalho eficiente (QUEIROZ, 1994).

2.4.4 O mosto

Em tecnologia, denomina-se mosto todo líquido açucarado apto a fermentar. Assim, seu preparo e correções compreendem diversas operações que visam transformar e corrigir a matéria prima, tornando-a um líquido açucarado susceptível de sofrer fermentação (QUEIROZ, 1994).

2.4.4.1. Preparo do mosto

No caldo há dois tipos de açúcares que são fermentados para produzir álcool. O primeiro é constituído pelos chamados açúcares simples, glicose e frutose, que são utilizados diretamente pela levedura para produzir álcool. O segundo, cerca de 90% é a sacarose. Antes de produzir álcool este açúcar, este açúcar é quebrado nos seus componentes mais simples, a glicose e frutose. É durante a fermentação que ocorre a transformação dos açúcares fermentescíveis do caldo em álcool, pela ação das leveduras (CHAVES, S/D).

No preparo do mosto, seu teor em açúcares será função da natureza e composição da matéria prima-prima, devendo ser compatível com o tipo de levedura utilizado e com o processo empregado na condução da fermentação alcoólica. Um caldo rico em açúcares, acima de 15 a 16 °Brix, dificulta o processo e está sujeito a uma fermentação lenta e incompleta. O fermento que transforma os açúcares do caldo em álcool etílico tem uma certa tolerância ao álcool no mosto. Pois acima de certo grau o fermento é inibido para trabalhar, deixando parte do açúcar presente sem fermentar. Isso ocorre quando se inicia a fermentação com caldo muito rico em açúcares. Por outro lado, se o brix for muito baixo, menor do que 10 °Brix, tem-se um volume demasiado de mosto, necessitando-se de maior número de dornas para fermentação. Além disso a destilação também será prejudicada, tornando-se mais lenta, com produção de maior quantidade de vinhaça, elevando o consumo de energia e aumentando os custos de produção (CHAVES, S/D).

Entretanto, como dificilmente será feita a dosagem dos açúcares, em virtude de dificuldades inerentes à própria destilaria e à necessidade que existe de uma rápida verificação dos mesmos, pode-se lançar mão de correlação entre as concentrações de açúcares e de sólidos aparentes em solução, a concentração do mosto, na prática, é estabelecida em termos de grau Brix, que pode ser verificado facilmente.

Obtém-se o teor ideal de sólidos solúveis, expresso em graus Brix, pela adição de água ao caldo, que possui, dependendo do processo de extração, 14° a 22° Brix. Em função de sua pureza elevada estes valores correspondem a sua concentração de açúcares totais da ordem de 12,5 a 20%. A experiência tem demonstrado que os melhores resultados são obtidos com mostos de caldo de cana de concentração variável de 14 a 16° Brix.. Assim a diluição do caldo com água potável é sempre necessária.

Mostos muito diluídos facilitam a fermentação, tornando-a mais rápida e completa. Além disso, a multiplicação do fermento é favorecida, devido a maior transferências de oxigênio que ocorre no meio, diminuem as incrustações e, portanto, facilitam a limpeza dos aparelhos. Em contraposição, um maior volume de dornas e de depósitos é exigido; aumentam as infecções na fermentação; aumentam o consumo de água e de vapor, diminui o rendimento dos aparelhos de destilação e, conseqüentemente, haverá maior exigência em mão-de-obra (LIMA, 1975).

Mostos, quando muito concentrado acarretam fermentação mais lenta e, não raro, incompletas, além de dificultarem a multiplicação do fermento. Aumentarão os problemas com a limpeza dos aparelhos de destilação, visto as incrustações se tornarem mais freqüentes e, paralelamente, ocorrerá maior produção de furfural. Para diluir o caldo, adicionamos água potável a garapa até atingimos a concentração desejada.

Continuando a preparação do mosto, consideramos que normalmente o extrato contém substâncias nutritivas em quantidade suficiente para manter, satisfatoriamente, a vida do fermento. Entretanto, o fermento trabalha melhor num ambiente ligeiramente ácido. A acidificação do meio favorece o processo, tornando algumas vezes de real necessidade.

Em certas regiões, na preparação de mostos costuma-se adicionar certos volumes de vinhaça fria. Esta, além de suprir a falta de nutrientes do mosto, serve também para elevar a sua acidez, protegendo-o dessa forma contra infecções.

2.4.4.2 Correção do mosto

Conhecendo as propriedades biológicas das leveduras e suas exigências nutricionais, torna-se simples fazer o tratamento dos mostos para obter fermentações regulares, homogêneas e puras.

2.4.4.3. Quanto à temperatura

As leveduras são mesófilas. As temperaturas ótimas para a produção industrial de etanol situam-se na faixa de 26-35°C, com média de 30°C (LIMA, 1975).

No entanto, NOVAIS et al. (1974) fala que, de um modo geral, as leveduras de aguardentes possuem uma determinada faixa de temperatura na qual desempenham eficientemente suas atividades. Para elas o ideal seria entre 26 a 32°C, mais especificamente a 30°C.

2.4.4.4 Quanto ao pH

O pH ótimo situa-se entre pH 4,0 e 5,0 em níveis mais elevados, em substratos com poder tampão elevado, como os melaços a pH 5,8 – 5,9 (LIMA, 1975).

NOVAIS et al., (1974) recomenda um pH 4,5 a 5,5.

2.4.4.5. Exigências nutricionais

Os elementos nutritivos mais importantes representam-se pelo carbono, nitrogênio, fosfatos, sais de magnésio, potássio e cálcio. Elementos menores como manganês e cobalto atuam favoravelmente em suas atividades vitais.

As fontes mais importantes de carbono são os carboidratos. O nitrogênio encontra-se no material protéico e nos produtos de sua degradação e fornece-se através de sais amoniacaais (LIMA,1975).

Quando se trabalha com caldo de cana direto, faz-se uma correção mais cuidadosa para oferecer à levedura condições de nutrição que normalmente não se encontram no caldo. Juntam-se fosfatos, sais de amônio e vitaminas. Nas destilarias de aguardente, usualmente adicionam-se superfosfatos, sulfato de amônio e farelos de arroz na quantidade de 1g por litro de mosto. O farelo de arroz é boa fonte de vitaminas e de proteínas. Melhores rendimentos obtem-se quando se trata o caldo de cana-de-acucar com 0,1g por litro de sais de magnésio, e 0,01g por litro de sais manganês e cobalto. Alem da diluição e dos nutrientes, adicionam-se os antissépticos ou antibióticos e ajusta-se a temperatura.

2.4.4.6 Preparo do inóculo

Nas instalações de grande capacidade, usam-se leveduras selecionadas com tolerância a altos teores de etanol e com boa velocidade de fermentação. Usam-se também, em grande escala, quiçá maior que a das leveduras selecionadas, as leveduras de panificação, prensadas e secas. Nesse caso, obtem-se, fácil e rapidamente, um inóculo volumoso, partindo-se de 10 a 20g de leveduras para cada litro de mosto. Essa quantidade usa-se para volumes de mil a 10

mil litros iniciais de mosto, à concentração de 13 a 15° Brix, que serão, depois de fermentados, divididos por diversos recipientes e realimentados com mostos diluídos, ate completar-se o volume total das dornas das destilarias.

Quando se parte de tubos de culturas selecionadas, procedentes de instituições especializadas, prepara-se o inóculo com a inoculação subsequente de volumes de substrato em quantidades e concentrações crescentes, na proporção de 1:5 ou 1:10, ate atingir o volume útil de fermentação da industria. Nesse tipo de preparo do inóculo, distingue-se uma etapa de laboratório e outra industrial. Na primeira, parte-se de um tubo de cultura inoculam-se 100ml de um substrato com 5°Brix, corrigido e esterilizado. Após perfeito desenvolvimento, passa-se para 500ml a 7°Brix, preparado como anteriormente, e assim por diante, ate atingir-se um volume suficiente para inocular aparelhos de cultura pura na industria, em concentração que não ultrapasse 13°Brix (LIMA, 1975).

2.4.5 Fermentação

Fermentação no sentido mais amplo possível, pode ser definida como todo processo no qual microrganismos catalizam a conversão de uma dada substância num determinado produto. Podemos dizer ainda que a fermentação é a aplicação direta de microrganismos (leveduras), em meios naturais ou sintéticos (ALVES, 2001).

A fermentação alcoólica desenvolve-se por uma serie de reações, que se exemplifica resumida e esquematicamente de acordo com a Figura 1.

A molécula 6C (glicose) reage com duas moléculas de ATP “emprestadas” pela célula e ganha duas ligações fosfato de alta energia ($P \sim 6C \sim P$).

A molécula $P \sim 6C \sim P$ se quebra em duas moléculas com três carbonos e uma ligação fosfato energético ($3C \sim P$).

Um fosfato inorgânico é cedido para cada molécula pela célula. Temos agora duas moléculas $P \sim 3C \sim P$. Podemos considerar, de maneira simplificada, que a energia para ligação do fosfato suplementar, provém da “quebra” da molécula 6C.

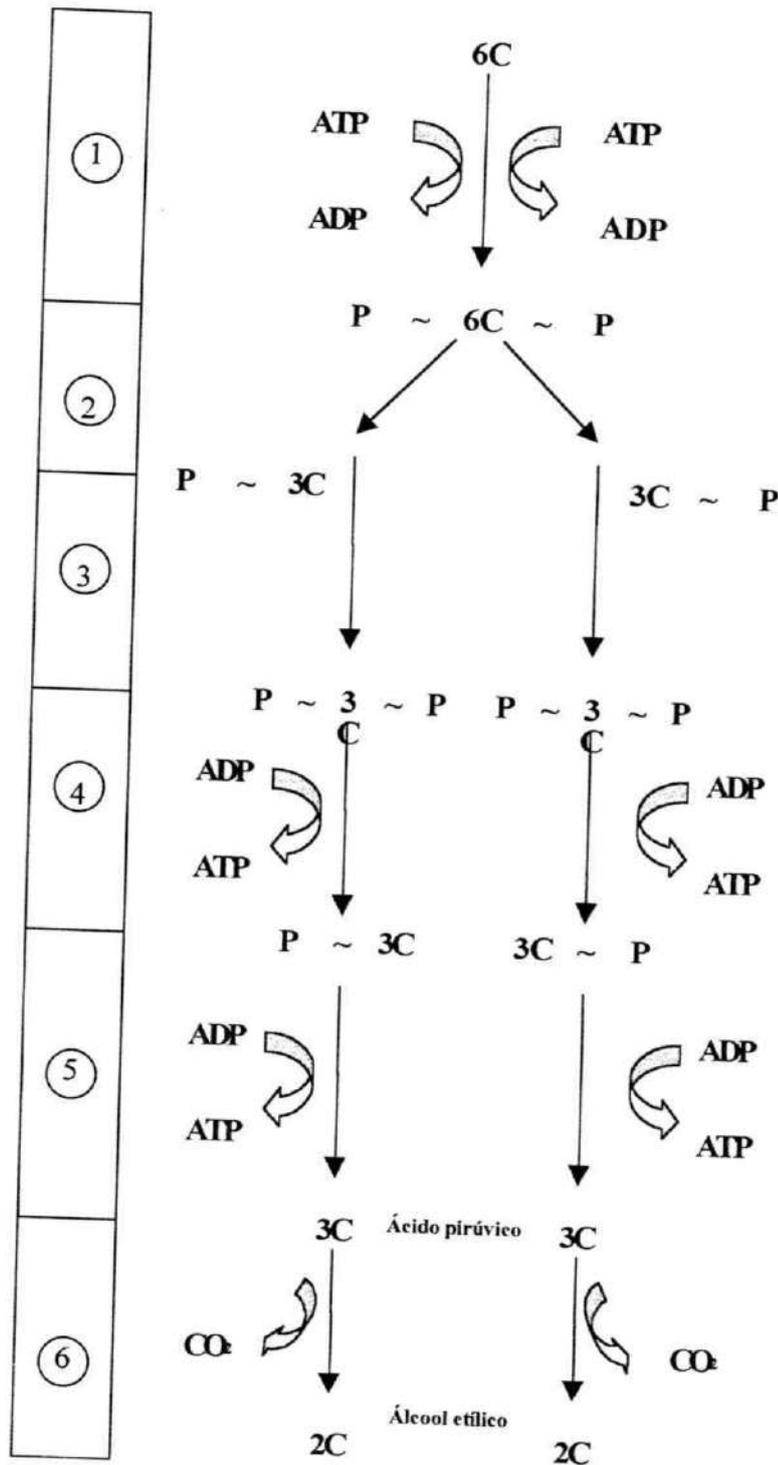


Figura 3 – Processo bioquímico da fermentação alcoólica

Cada molécula $P \sim 3C \sim P$ reage com um ADP cedendo-lhe um fosfato e energia, e “recarrega-o” a ATP.

Cada molécula 3C ~ P reage com um ADP, cedendo-lhe um fosfato e energia e o transforma em ATP. Estamos diante de duas moléculas 3C denominadas ácido pirúvico.

Cada ácido pirúvico se descarboxila (perde um CO₂) e se transforma em álcool etílico (2C), resíduo final da fermentação, conforme o esquema abaixo.

2.4.5.1 Tipos de fermentação

Fermentação em meio líquido (Submersa, em superfície, semi-sólida, em estado sólido).

Fermentação natural

Consiste em adicionar ao mosto uma levedura, para transformar o açúcar em álcool. A levedura é o microorganismo agente da fermentação.

Além desta transformação o levedo ou levedura é responsável por varias outras reações benéficas ou malélicas ou malélicas que atuam sobre a qualidade final do produto. Vários gêneros e espécies já foram correlacionados com o processo, tais como: *Saccharomyces cererisae*, *Saccharomyces carlsbergensis*, *Pichia membranifaciens*, *Candida krusei*, *Candida guilhermondis*, *Hansenula anomala*, etc.

Estas espécies e determinadas raças, têm melhor ou pior adaptação, sendo indiscutível sua ação sobre a qualidade e o rendimento do processo fermentativo.

Sabendo-se destas variações, pode-se concluir que se for desejado um bom rendimento e uma boa qualidade da aguardente dever-se-á não somente selecionar a raça ou mistura de raças, como também inserir no mosto uma quantidade muito grande dessas leveduras selecionadas, a fim de haver uma dominação total no meio onde deverão agir.

Tipos de processos fermentativos

Os processos fermentativos industriais podem ser classificados em três grandes grupos; Processo contínuo (aerados, agitados), Processo descontínuos ou em batelada, Processo semi-contínuo (aerados, agitados).

2.4.5.2 Agente fermentativo

O fermento pode ser definido como uma suspensão de células de leveduras suficientemente concentrada, de maneira a garantir a fermentação de um determinado volume de mosto, em condições econômicas. Tal concentração é considerada ótima para fermentação alcoólica dentro do intervalo de 2 a 5×10^6 células por mililitros, conhecido como "número de Brown" (NOVAIS, et al. 1974).

Do ponto de vista econômico, as leveduras são os microorganismos mais importantes na obtenção do álcool por via fermentativa. As espécies mais usadas na produção industrial de álcool e aguardentes são os *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarun*.

O fermento pode ser definido como uma suspensão de células de leveduras suficientemente concentrada, de maneira a garantir a fermentação de um determinado volume de mosto, em condições econômicas. Tal concentração é considerada ótima para fermentação alcoólica dentro do intervalo de 2 a 5×10^6 células por mililitros, conhecido como "número de Brown" (NOVAIS et al., 1974).

Do ponto de vista econômico, as leveduras são os microorganismos mais importantes na obtenção do álcool por via fermentativa. As espécies mais usadas na produção industrial de álcool e aguardentes são os *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces uvarun* (LIMA,1975).

2.4.6 Destilação

Segundo STUPIELLO et al. (1973), no processo de destilação, recupera-se o etanol, geralmente resultante de duas operações. A primeira operação consiste em separar do substrato fermentado, uma mistura hidroalcoólica impurificada com aldeídos, ésteres, álcoois superiores, ácidos orgânicos e na segunda operação se separa as impurezas do etanol.



A composição qualitativa do caldo de um produto é, naturalmente, bastante complexa e o processo fermentativo aumenta essa complexidade, graças ao aparecimento de outras substâncias produzidas, normalmente, pela levedura ou, anormalmente, pelas fermentações secundárias. O vinho a ser destilado, além da água e do álcool etílico, contém muitos outros líquidos, como acima especificado (aldeídos, ácidos, ésteres e álcoois superiores) além de alguns sólidos, como bagacilho, leveduras, bactérias e, até mesmos gases, como algum gás carbônico que não escapou para a atmosfera. No que se refere ao aspecto quantitativo, a proporção de álcool etílico no vinho não ultrapassa, costumeiramente, a 12°GL, ou seja 12%, a 15°C.

Na aguardente, é desejável uma concentração alcoólica mais elevada, que a lei fixa entre 38 e 54°GL (16,22 e 20,47° Cartier) e a prática comercial estabelecem entre 49 e 54°GL (19 a 20, 5°Cartier), mais comumente 51 a 53 (19,5 a 20°Cartier). Às vezes, por motivos especiais ou para envelhecimento, fabrica-se aguardente com até 58,5°GL (22° Cartier).

A elevação do teor alcoólico é conseguida graças à destilação. Nesse processo, ao fazermos ferver uma mistura de líquidos, os vapores dela provenientes serão mais ricos de substâncias mais voláteis e não se falando de outros corpos sendo o álcool etílico (p. e. a 760mm de Hg = 78,3°C) mais volátil do que água (p. e. a 760mm de Hg = 100°C) existirá, relativamente, maior quantidade deles nos vapores e, por conseqüência, no destilado obtido pela condensação desses vapores (GRAVATÁ, 1991).

A determinação dos teores de álcool na aguardente é feita com densímetros especiais – alcoômetros – os quais são aferidos para ser usados a 15°C. Não sendo possível, comumente, refrigerar o produto até essa temperatura, para se fazer à leitura, surge a necessidade de tabelas de correções, que nos permitem ter, em quaisquer circunstâncias, o verdadeiro teor alcoólico da aguardente, evitando-nos prejuízos pela venda de produto com grau mais elevado do que a leitura faz supor ou expondo-nos a fraude, mesmo não intencional, de um falso teor mais elevado do que o real.

No intuito de facilitar ao leitor serão dadas, a seguir, as tabelas de correspondência entre os valores lidos no alcoômetro de Gay-Lussac (melhor porque dá diretamente a porcentagem volumétrica de álcool no líquido) e no de Cartier (escala arbitrária mas de uso

corrente nos estabelecimentos) bem como as de valores corretos de álcool, obtidos em função de leituras feitas a temperaturas diferentes daquelas em que esses aparelhos foram aferidos (QUEIROZ, 1994).

O processo que se vale da diferença do ponto de ebulição, para a separação de um ou mais compostos de uma mistura, é chamado de destilação. (STUPIELLO et al., 1973).

A proporção de vinhaça em algumas destilarias chega a atingir 70% de volume de diluição, muito embora a média não exceda os 30% (ALMEIDA, 1940).

2.4.7 Bidestilação

O teor de cobre na aguardente além do máximo permitido, é um dos fatores que mais desqualifica a bebida. A tolerância máxima permitida é de 5mg por litro. A falta de limpeza dos equipamentos de destilação, principalmente o alambique e a serpentina são responsáveis pelo alto teor de cobre na aguardente. Esta falta de limpeza concorre para a formação de um líquido esverdeado, que se forma na superfície do cobre, quando este fica exposto ao ar e a umidade, contendo carbonato e hidróxido de cobre, conhecido por azinhavre ou zinabre.

Uma maneira de ajustar esse cobre aos padrões exigidos pela legislação, é fazer a bidestilação. Para isso, dilui-se a aguardente com água potável ou destilada, até 10°GL e destila-se normalmente.

Quando a aguardente não é diluída, após a destilação ela apresenta um alto teor alcoólico. Neste caso, deixa-se o destilado em repouso por 6 meses em tonéis de madeira, e após este período é que se dilui ao grau desejado tornando a armazená-la por mais seis meses.

2.4.8 Envelhecimento

O envelhecimento das aguardentes é o armazenamento do destilado em tonéis de madeira por período de tempo suficiente para que o destilado perca alguns componentes, para que seus constituintes se estabilizem ou reajam entre si e para que a aguardente adquira pigmentos, sabor e aroma das madeiras em que é armazenada (LIMA, 1999)

Sabe-se que a aguardente logo depois de destilada ainda não está pronta para o consumo. Nesta fase ela tem um gosto agressivo, amargo e seu buquê é irregular. Há necessidade de um período, variável de dois a três meses, de descanso para completar a sua qualidade sensorial. Antes de ser colocado no mercado, o produto deve ser guardado em recipientes apropriados (de ferro, madeira ou outro material) em local fresco e bem protegido, evitando temperaturas altas. Existem produtores artesanais, mais conservadores, que não aceitam a comercialização de seu produto nesta fase, isto é, produto novo, mesmo depois do período de descanso (CHAVES, S/D).

Segundo o mesmo autor a aguardente como um produto da fermentação natural tem uma composição química extremamente complexa, isto é, além de água (a sua maior parte) e de etanol, o álcool, (o segundo maior componente em volume), há uma diversidade muito grande de outras substâncias naturais, muitas delas ainda não identificadas no produto. Logo após a destilação, ou seja, na aguardente nova, as substâncias químicas que conferem o aroma e o sabor do produto de boa qualidade sensorial ainda não estão em equilíbrio satisfatório

Em condições ambientes especiais e em repouso, as substâncias químicas normais da aguardente reagem entre elas, formando novas substâncias química; por exemplo, ácidos reagindo álcoois formam ésteres, que são substâncias mais aromáticas do que as anteriores; também álcoois reagem com aldeídos formando ácidos. Assim, outras reações químicas ocorrem até a obtenção de um equilíbrio entre as quantidades destes diversos componentes – é quando o buquê está pronto.

Observe-se que estas reações, em condições naturais, são lentas e o equilíbrio é relativamente demorado. Durante o envelhecimento ocorrem também outras alterações na composição química da aguardente, como a passagem de substâncias próprias da madeira. Essa mistura de materiais da madeira com a aguardente confere a cor levemente amarelada e outras propriedades sensoriais como aroma, gosto e sabor característicos, ate mesmo da espécie de madeira utilizada para fabricar o barril ou tonel (CHAVES, S/D).

Portanto o envelhecimento de qualquer bebida alcoólica ainda destilada só traz benefício ao seu gosto, sendo mais valorizada as bebidas mais velhas.

As bebidas alcoólicas destiladas como o uísque, gin, rum e conhaque, geralmente são produzidas e envelhecidas em recipientes de madeira. Recentemente esta etapa também está sendo incorporada as aguardentes como um diferencial de produto a ser colocado no mercado. As espécies de madeira recomendadas são o carvalho (mais raro nos dias de hoje), cedro, freijó, balsamo e vinhático, dentre outras. Os barris devem ser estocados em locais fresco, bem protegido e limpo. O período mínimo para o envelhecimento, antes de o produto ser comercializado, deve ser no mínimo de oito a doze meses.

A grande vantagem da bebida envelhecida em barris de madeira, é que durante o processo de repouso natural da bebida, haverá além de extração de substâncias da madeira condicionante, reações internas e oxidações provocadas pelo oxigênio contido nos poros da madeira, ou que foi incorporado por arejamento do produto. Atribui-se aos ésteres formados durante o envelhecimento o aroma típico da aguardente. É comprovado que um índice seguro para se chegar a um bom envelhecimento de aguardente é que a relação entre álcoois superiores e ésteres deve ser próximo a um (QUEIROZ, 1994).

De acordo com CHAVES, (S/D) o envelhecimento ocorre também em recipientes de outros materiais além dos de madeira, como os de ferro, aço inoxidável, neste caso, há necessidade de aeração da aguardente no momento de colocá-la nos recipientes. Também a sua cor não é alterada neste caso, continuando límpida. Há também processos acelerados, como o tratamento com ozônio e outras substâncias que não são adequadas para produtores artesanais de aguardente de qualidade

A aguardente envelhecida apresenta aspecto, cheiro, cor, gosto e sabor de melhor qualidade. Por isso e pelo seu maior custo de produção, seu preço no mercado também é maior. É evidente que a aguardente envelhecida será de alta qualidade se apresentar esta característica quando nova. Uma aguardente de baixa qualidade continuara ruim após o envelhecimento.

2.4.9 Controle de qualidade

Denomina-se “aguardente” aos produtos alcoólicos obtidos por fermentação e destilação de sucos vegetais, com trinta e oito por cento (38%), no mínimo, e cinquenta e quatro por cento (54%), no máximo, de álcool (etanol), em volume, a 15°C. segundo o Decreto Estadual nº 52.504, de 28/07/81, e a portaria nº 371, de 09/09/81, publicada no D. O. U. de 19/09/81, a aguardente de cana-de-açúcar e de frutos, tem a seguinte classificação:

Aguardente – produto correspondente à definição acima;

Aguardente adoçada – aguardente, adoçada com até um máximo de 3% ou um mínimo de 1% de sacarose;

Aguardente composta – produto resultante da maceração de vegetais ou de frutos na própria aguardente, podendo haver posterior destilação. O aroma característico do vegetal ou fruto adicionado deverá, neste caso, preservado.

Sob o ponto de vista legal a qualidade da aguardente no Brasil é regulamentada pelo Decreto Federal nº 8.918 de 14 de julho de 1994, que estabelece os seguintes padrões de identidade e qualidade:

Grau alcoólico, em graus G.L (Gay Lussac), a 20°C; 38 a 54

Acidez volátil, em gramas de ácido acético, por 100ml de álcool a 100%: máximo de 0, 1500;

Ésteres, em gramas de acetato de etila, por 100ml de álcool a 100%: máximo de 0, 200;

Furfural, em gramas, por 100ml de álcool a 100%: máximo de 0, 005;

Álcoois superiores, por 100ml de álcool a 100%: máximo de 0,300;

Aldeídos, em gramas de aldeídos acéticos, por 100ml de álcool a 100%: máximo de 0,030.

Cobre, em miligramas gramas de cobre, por 1,0 L de álcool a 100%: 5,0 mg/L

Estas impurezas totais voláteis “não álcool” (soma das substâncias acima), não poderão ser inferiores a 0, 200g (duzentos milésimo do grama), e nem superior a 0, 650g (seiscentos e cinquenta milésimos do grama) por 100ml (cem mililitros) de álcool anidro (BOZA e HORII, 1998).

CARBELLO et al. (1998), realizou estudos comparativos que comprovaram que o defeito organoléptico observado nas aguardentes destiladas na ausência de cobre está

relacionado com a presença de compostos sulfurados, os resultados confirmaram a redução que o cobre causa nos teores de enxofre das aguardentes.

As impurezas totais representam a soma de aldeídos, ácidos voláteis, ésteres, furfural e álcoois superiores. O limite máximo está associado ao fato de constituírem impurezas, ao passo que o limite inferior está associado ao fato de que tais impurezas na verdade constituem o chamado “bouquet” da aguardente ou cachaça. O “bouquet” influencia no aroma, no sabor e na consistência do produto.

O enquadramento nos limites de impurezas totais, exigidos na legislação, é alcançado pelos chamados “cortes”, que são feitos pela mistura com destilados de igual natureza unicamente na proporção necessária.

Aditivos Incidentais

De acordo com BOZA e HORII, (1998) as aguardentes com um teor de álcool metílico (metanol) acima de 0,25 ml (mililitros) por 100ml de álcool anidro e de cobre acima de 5mg (miligramas) por litro são consideradas impróprias para o consumo humano, pois o metanol provoca além de lesões hepáticas a intoxicação neurológica, que pode variar desde um nível de sedação até o estado de convulsão, dependendo da dose ingerida, e o cobre ocasiona a cirrose hepática, que em função de um dos seus sintomas é popularmente conhecida como “pé inchado”.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

Este trabalho foi realizado nos Laboratórios de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, Departamento de Engenharia Agrícola, Campus II e no Laboratório de Produtos Fermento Destilado, Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, Campus I.

3.2 Matéria-prima

Os frutos da algarobeira, *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C., utilizados neste trabalho foram provenientes de cidades paraibanas de Serra Branca e Coxixola, na região dos Cariris Velhos, Santa Luzia, situada no sertão e na cidade de Campina Grande, no agreste da Borborema. Estes frutos foram coletados manualmente após queda natural, entre os meses de novembro de 2001 a março de 2002, correspondendo à safra 2001/2002.

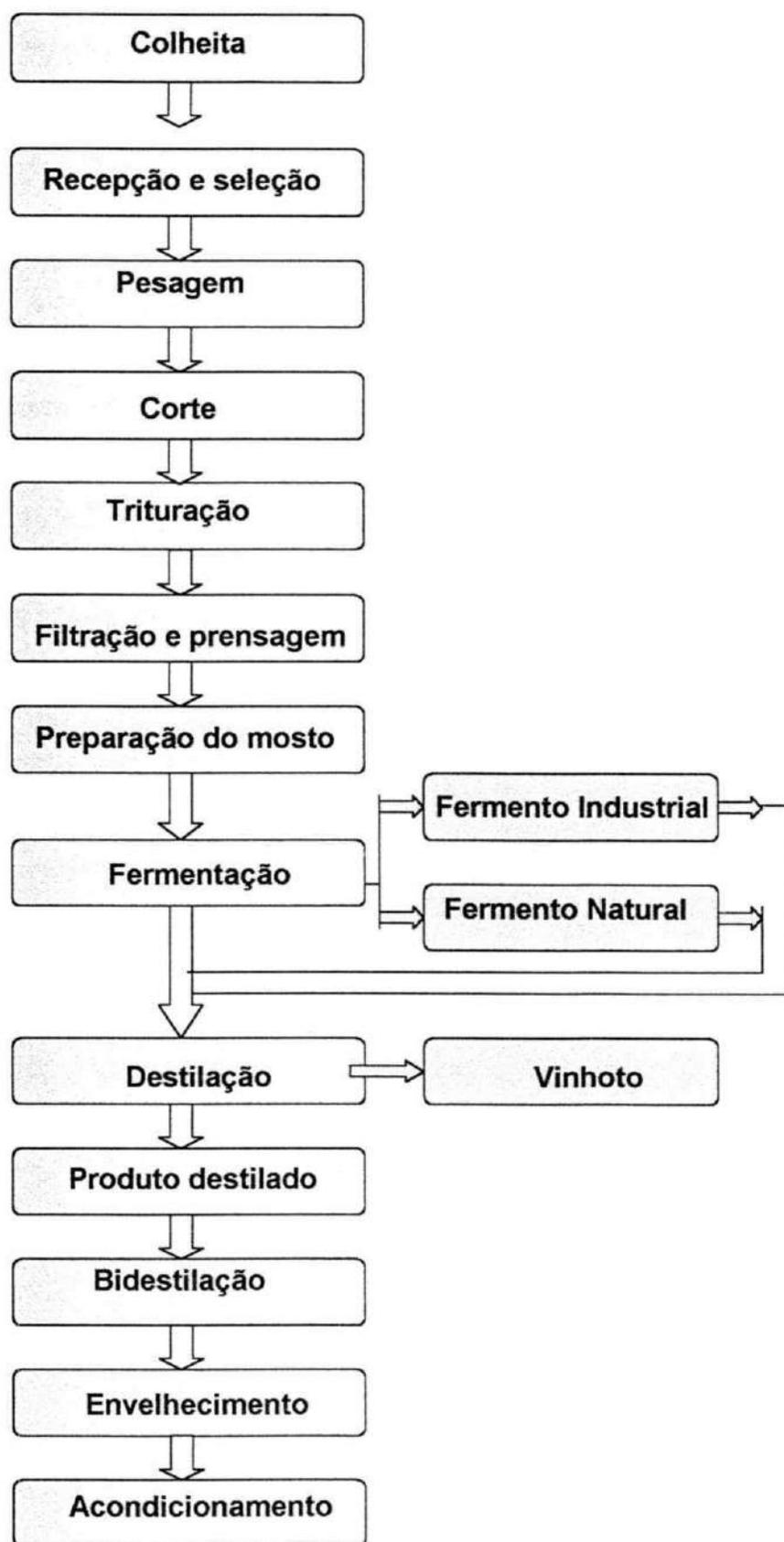
Inicialmente foram testadas diferentes concentrações do mosto que variaram entre 10 a 20°Brix com a finalidade de determinar a melhor graduação alcoólica resultante do processo de fermentação.

O processo consistiu em extrair o mosto das vagens de algaroba em prensa manual na proporção de 1:2 (1 kg de vagem de algaroba para 2 kg de água). Os sólidos solúveis do teste inicial foram corrigidos para 10°Brix. Este mesmo procedimento foi repetido para 12, 14, 16, 18 e 20°Brix.

Para cada °Brix estabelecido obteve-se os diferentes graus alcoólicos, determinado-se, desta forma, o °Brix ideal para o processo de fermentação.

3.3 O Processo de fabricação

O sistema micro-industrial de processamento das vagens de algaroba para obtenção de uma aguardente bidestilada seguiu as etapas mostradas no fluxograma da Figura 4 e descritas a seguir.



UFCC - BIBLIOTECA

Figura 4 - Fluxograma de obtenção da aguardente de algaroba

3.3.1 Recepção e seleção

Como a qualidade de uma aguardente depende da matéria-prima a ser utilizada durante o processamento, durante esta etapa foi realizado um controle de qualidade no fruto, de forma que, as vagens que apresentaram infestações por pragas, danos mecânicos, mofo, atrofiamento entre outros defeitos, foram eliminadas.

3.3.2 Pesagem da vagem

Os frutos selecionados foram pesados em uma balança Filizzola, com precisão de 0,1 g com o objetivo de determinar o rendimento do processo para cada destilação.

3.3.3 O corte das vagens

Para uma melhor trituração das vagens de algaroba e conseqüentemente um período de tempo menor de desintegração, além de evitar danos ao equipamento de trituração foram realizado cortes nas vagens de algaroba de modo a deixa-las em pedaços menores, utilizando-se uma machadinha de inox.

3.3.4 Trituração da vagem

A trituração das vagens teve como objetivo, aumentar o rendimento da extração dos açúcares contidos nas vagens da algaroba.

O processo de trituração das vagens de algaroba foi realizado em um liquidificador semi-industrial com capacidade para 10kg. Como a vagem era muito dura e a unidade piloto produtora de aguardente era (6 litros/horas), utilizou-se dois quilos de algaroba por operação obtendo-se uma mistura heterogênea, com tempo de trituração por carga foi em média três minutos.

Para obtenção do caldo de algaroba foram realizadas triturações de suas vagens com diferentes proporções de água e massa do produto. A proporções variaram de 1:1 (1 kg de vagem de algaroba para 1 kg de água) a 1:4 (1 kg de vagem de algaroba para 4 kg de água).

3.3.5 Prensagem

A prensagem do material triturado teve como finalidade separar, ao máximo os de açúcares do restante da matéria sólida (fibra), pois se este estiver presente no mosto no processo de fermentação ocorrerá à precipitação da massa celular e o processo não se dará com rendimento satisfatório. O caldo obtido através da prensagem e filtração em nylon é a matéria prima ideal para fermentação, embora haja pequena perda de sacarose na fibra.

A prensagem do material triturado foi realizada em dois tipos de equipamento: a) prensagem hidráulica automática do tipo Pinette Micadau a uma pressão de 250 kgf/cm^2 e b) uma prensagem hidráulica manual a uma pressão de 50 kgf/cm^2 . As prensagens foram realizadas em um cilindro de aço inoxidável perfurado forrado por sacos de nylon de trama 90, no qual a matéria-prima era inserida. O resíduo obtido da prensagem era submetido a uma nova trituração e prensagem para extrair todo açúcar existente no resíduo, aumentando a eficiência da operação. A trituração era realizada utilizando parte da água deixada na primeira prensagem.

3.3.6 Diluição

Após a filtração e prensagem do material triturado o caldo da vagem obtido sofreu uma diluição para ajustar-se aos parâmetros exigidos ($^{\circ}\text{Brix}$, pH, temperatura) para fermentação, passando a ser denominado de mosto.

3.3.7 Preparo do mosto

Após a obtenção e correção para as condições ideais de fermentação, foram analisados os constituintes mais importantes responsáveis pela obtenção da aguardente, ou seja, os açúcares redutores, redutores totais e açúcares infermentescíveis. Durante a preparação do mosto foram tomados todos os cuidados de higiene principalmente com os recipientes utilizados na operação, pois sem essa assepsia poderiam ocorrer infecção e contaminação na fermentação.

A correção do teor de sacarose no mosto foi feita de maneira que, o °Brix do mesmo representasse o teor de sólidos ideal à fermentação. A determinação do teor de açúcar no mosto foi determinada por titulação utilizando-se o método de Fehling (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

3.3.8 Fermentação

A fermentação do mosto se deu por dois processos: a) pela inoculação de um fermento industrial (*Saccharomyces cerevisiae*) e b) pela propagação natural do fermento.

3.3.8.1 Fermentação com fermento industrial

O seu desenvolvimento ocorreu da mesma forma que os processos convencionais empregados nas fabricas de aguardentes.

Primeiramente o fermento granulado seco para panificação que contém o microrganismo *Saccharomyces cerevisiae* foi preparado para uso nas dornas de fermentação na proporção de 20 gramas/litro de mosto. Em seguida o microrganismo foi adicionado ao mosto, no interior das dornas de fermentação, que ao recebe-lo iniciou-se o processo fermentativo.

O processo de fermentação foi monitorado quanto °Brix, pH, grau alcoólico (°GL) e temperatura de hora em hora.

A condução operacional da fermentação teve seu término, quando a concentração de sólidos solúveis (°Brix) no mosto fermentado (vinho) chegou a aproximadamente zero.

3.3.8.2 Fermentação por propagação natural do fermento

A preparação do fermento natural, baseou-se nos processos utilizados para cana-de-açúcar. Preparou-se inicialmente 10 ml do mosto a 6 °Brix, deixando em repouso a temperatura de $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Após esse período, adicionou-se ao fermentado um volume quatro vezes maior que o inicial com 8 °Brix deixando em repouso por mais 24 horas, e assim sucessivamente, sempre aumentando o mosto, a adicionar, em dois graus o

Brix e quadruplicando o volume anterior, até obter o volume e o Brix desejado (aproximadamente 18°Brix).

3.3.9 Destilação

A destilação foi realizada em um alambique simples (figura 5) da seguinte forma:

No início, abriu-se as válvulas de escape e de entrada de vinho no alambique (para equilibrar as pressões), até que o vinho oriundo das dornas, entrasse no alambique por gravidade e ocupasse 2/3 da capacidade total do aparelho, em seguida fechou-se as válvulas.

Aquece-se a curcúbita lenta e moderadamente por meio de um fogão semi-industrial a gás butano, dando início ao processo de separação da aguardente do mosto fermentado (vinho). Esta prática, além de evitar o “vômito” (explosão brusca de líquido não destilado) é tida, pelos grandes especialistas, como condição essencial para se obter uma aguardente de qualidade e por conseqüência é altamente recomendada.

A condução operacional do processo destilatório basicamente desenvolve-se se controlando a temperatura e o nível da carga de produto a ser destilado no alambique.

Atingindo-se a temperatura entre 85-90°C e a pressão da base da curcúbita em torno de 1,0 m.c.a (metro de coluna de água), os vapores alcoólicos começam a ascenderem através do capitel do alambique (8) indo até o sistema de condensação (Figura 4). Os vapores hidroalcoólicos começam ir até o pré-condensador (9) e daí ao primeiro condensador de serpentina (6). O produto (aguardente) vai até ao segundo condensador (7) e a partir daí adquire a temperatura ideal para ser estocado, aproximadamente a temperatura ambiente, sendo coletado na forma de aguardente.

Terminada a destilação, abre-se à válvula de escape para evitar o “murchamento” do aparelho, suprime-se o aquecimento, descarrega-se o resíduo (vinhoto) e recomeça-se o ciclo.

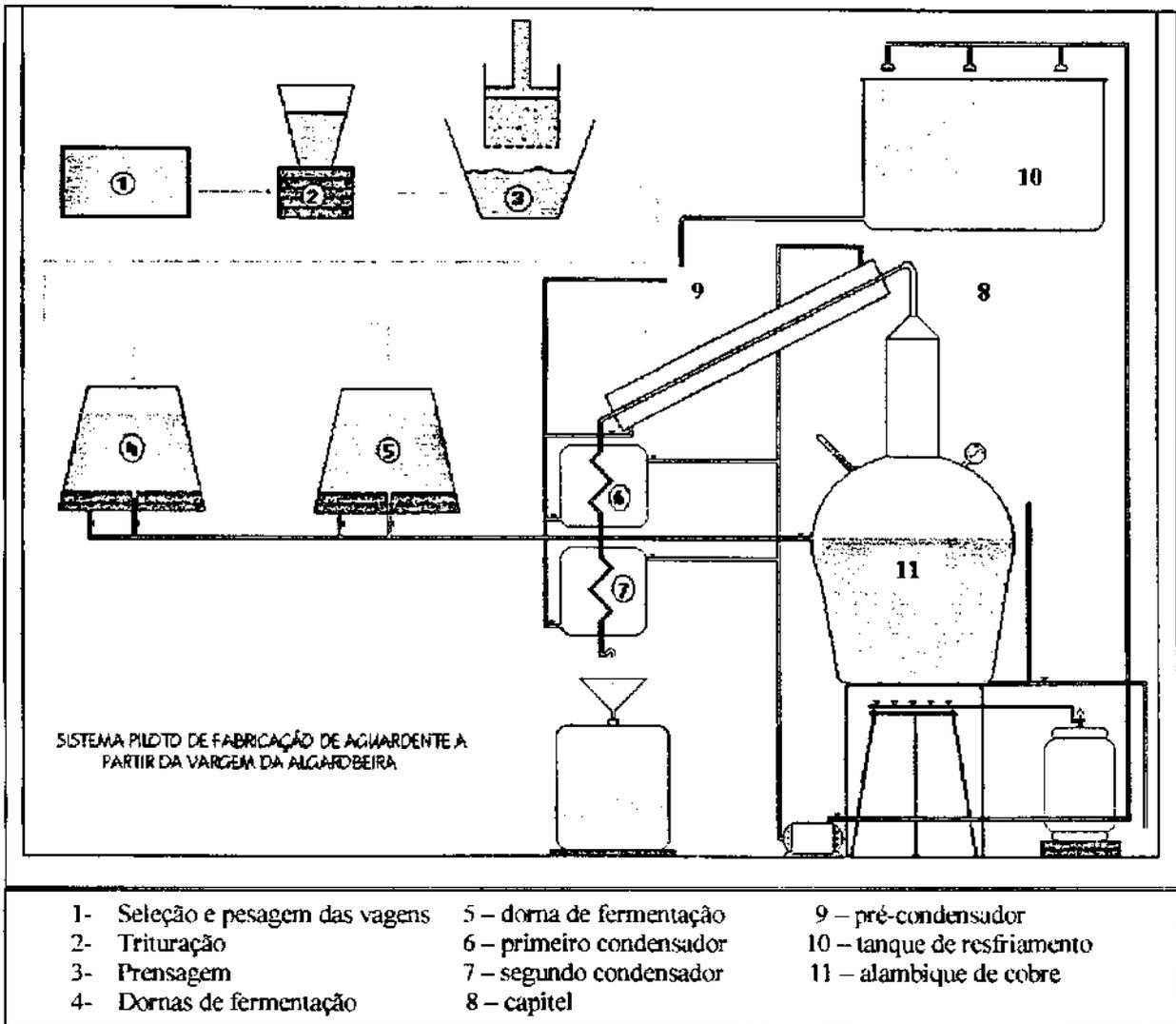


Figura 5 - Esquema do sistema utilizado para fabricação de aguardente de algaroba

As primeiras frações destiladas contêm relativamente muito álcool e é denominada de cabeça. Esta porção contém grande quantidade de substâncias mais voláteis do que o álcool etílico e são tóxicas o que prejudica a qualidade da aguardente. Portanto, para melhorar a qualidade da aguardente, é necessário que se tire os primeiros 10% alambicados (cabeça) e os 10% finais (calda). Desta forma neste trabalho foram utilizados os 80% intermediários (corpo).

3.3.9 Rendimento industrial do processo

O rendimento industrial do processo é composto pelo produto dos rendimentos da extração, fermentação e destilação.

$$\%RI = (Re \times Rf \times Rd) \times 100$$

onde,

RI = Rendimento industrial, decimal
 Re = rendimento da extração, decimal
 Rf = rendimento da fermentação, decimal
 Rd = rendimento da destilação, decimal

Cálculo do rendimento da extração

Para a determinação do rendimento teórico da extração procedeu-se da seguinte forma:

Inicialmente adicionou-se uma quantidade de água as vagens de algaroba na proporção de 1:2, ou seja, uma quantidade de algaroba para duas quantidades de água. Esta mistura foi prensada a 50kgf/cm^2 a temperatura ambiente (25°C).

$$\left. \begin{array}{l} X \text{ kg de algaroba} \\ Y \text{ kg de água} \end{array} \right\} \text{Mistura} = X + Y = Z \text{ kg}$$

A quantidade de caldo extraído (Ex), em litros, foi multiplicado pela densidade desse caldo (1,097) resultando em um quantitativo de massa de caldo.

Portanto, o rendimento da extração é dado por:

$$\%Re = \frac{Ex}{Z} \times 100 \quad (2)$$

Cálculo do rendimento da fermentação

Para o cálculo do rendimento da fermentação alcoólica, seguiu-se a metodologia descrita por Gay Lussac, este rendimento baseia-se no rendimento ideal de Gay Lussac, que corresponde a 64,34 litros de álcoois por 100 Kg de açúcares expressos em glicose, levando-se em conta que os valores próximos a 95% são considerados como ótimo para o processo (CONGER, 1986).

Rendimento teórico:

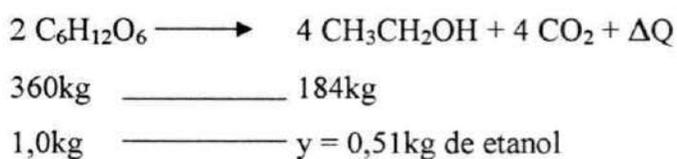
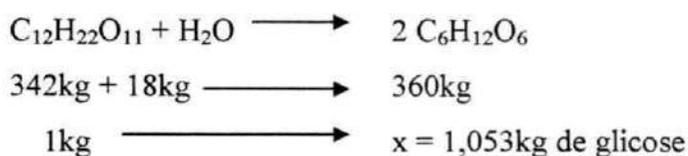
Quantidade teórica de álcool etílico e aguardente a 45°GL que poderia-se obter se todo o açúcar da vagem fosse extraído.

Dados:

%S: Sacarose no mosto

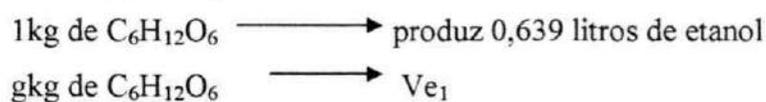
%G: Glicose

Para cada 100kg de mosto a X °Brix com **%S** é $C_{12}H_{22}O_{11}$ e **%G** é $C_6H_{12}O_6$, temos que:

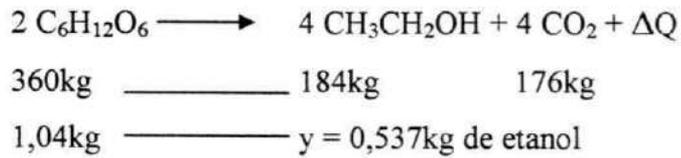
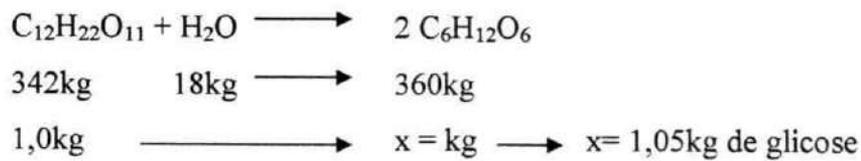


$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

Ou seja, para a glicose:



E para sacarose:



densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

1kg $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ \longrightarrow produz 0,670 litros de etanol

s kg $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ \longrightarrow Ve_2

Portanto considerando 100kg de mosto com %S de sacarose e %G, temos:

Quantidade de etanol = $\text{Ve}_1 + \text{Ve}_2 = \Sigma\text{ve}$

100 kg de mosto \longrightarrow Σve

M_m do mosto \longrightarrow V_t

$V_{at} = V_t \times f$

Rendimento prático:

$V_{ap} = V_m \times \%G \times f$

$\%Rf = V_{ap} / V_{at} \times 100$

Onde:

%S = sacarose

%G = glicose

Ve = volume de etanol

Vet = volume total de etanol

M_m = massa do mosto em kg

Ve = Volume de etanol (L)



$$f = 100^{\circ}\text{GL}$$

Vap = volume de aguardente prático

(%Rf) = Rendimento da fermentação

Cálculo do rendimento da destilação

teórico:

$$V_{at} = V_m \times ^{\circ}\text{GL} \times f$$

prático:

$$V_{vt} = V_v - V_{ext}$$

$$V_{av} = V_{vt} \times ^{\circ}\text{GL}_{vt}$$

$$(\%Rd) = V_{ext} - V_{avt} / V_{at}$$

Onde:

Vat = volume de aguardente teórico

Vext = volume de aguardente extraída do vinho

Vvt = volume de vinhoto

Vv = volume do vinho

Vav = volume de álcool no vinhoto

°GLvt = grau alcoólico do vinhoto

Vavt = volume de aguardente no vinhoto

3.3.10 Bidestilação

O processo de bidestilação consistiu em uma dupla destilação, onde se utilizou o corpo proveniente da primeira destilação para realização de uma nova destilação. O corpo destilado foi diluído para 10°GL, e este material, foi novamente destilado de forma a atingir a graduação desejada que segundo a legislação em vigor (FERNANDES, 2002) está entre 38° a 54° GL. No caso específico deste trabalho o valor a ser atingido foi de 45° GL.

3.3.11. Análises químicas relacionadas aos padrões de qualidade

Sob o ponto de vista químico, a aguardente obtida a partir de algaroba, deve atender todos os requisitos determinados pela legislação vigente, isto é: cobre, acidez total, ésteres, aldeídos, furfural, álcoois superiores, e metanol todos dentro das especificações. Quanto ao

aspecto físico, a aguardente, deve-se mostrar límpida e incolor, apresentando um leve aroma de frutas.

3.3.11.1. Teor de cobre

Walsh citado por (ANTHANASOPOULOS, S/D), o teor de cobre na aguardente bidestilada foi determinado por análise de absorção atômica utilizando-se um espectrofotômetro de massa do tipo GBC 9008AA.

3.3.11.2. Acidez volátil

O método utilizado na determinação da acidez, baseou-se na titulação, com solução padronizada de hidróxido de sódio, empregando-se fenolftaleína como indicador do ponto final da titulação, segundo a metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLF LUTZ (1985).

3.3.11.3. Aldeídos, álcoois superiores, e metanol

Os ésteres, aldeídos, álcoois superiores e metanol foram determinados por cromatografia gasosa utilizando-se o equipamento Varian Star, modelo 3600CX.

3.3.12. Envelhecimento em barril de carvalho

Parte do material bidestilado foi colocado em barril de carvalho para envelhecimento, no entanto, como o trabalho de Mestrado é por um período limitado, denominou-se o termo pré-envelhecido para o envelhecimento da aguardente de algaroba em barril de carvalho por um período de 3 meses. No final do envelhecimento (1 ano), espera-se ter um produto com uma graduação alcoólica entre 42-43° GL.

3.3.12 Análise sensorial

Foi realizada análise sensorial em duas amostras de aguardentes: a) bidestilada e b) bidestilada pré-envelhecida em barril de carvalho. As avaliações foram realizadas para os

atributos AROMA e SABOR utilizado-se a escala hedônica para 10 provadores. A ficha utilizada encontra-se abaixo descrita.

3.4 – Resumo dos experimentos realizados

Desta forma foram montados 7 experimentos para o processo de fermentação e destilação, sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Experimentos montados para quantificar os processos de fermentação e destilação

Experimento	Diluição na extração do mosto	Pressão	Tipo de Prensa	Tipo de fermento
01	1:1	250 kgf/cm ² .	Automática	Industrial
02	1:2	250 kgf/cm ² .	Automática	Industrial
03	1:3	250 kgf/cm ² .	Automática	Industrial
04	1:4	250 kgf/cm ² .	Automática	Industrial
05	1:2	50 kgf/cm ² .	Manual	Industrial
06	1:2	50 kgf/cm ² .	Manual	Industrial
07	1:2	50 kgf/cm ² .	Manual	Natural

Ficha dos Provedores

Provedor:

Data: / / 2002

Estamos realizando uma pesquisa sobre a aceitação de um novo produto aguardente bidestilada de algaroba pré-envelhecida. Por favor, se você tiver interesse em participar desse teste preencha a ficha abaixo.

1. Você está recebendo uma amostra de aguardente bidestilada para degustar. Inicialmente avalie o SABOR DA AMOSTRA. Escreva o código da amostra e indique usando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou do SABOR desta amostra.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Não gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Código da Amostra

Valor

2. Você está recebendo uma série de amostras que serão servidas individualmente. Prove cuidadosamente cada uma e avalie, antes que a próxima seja servida. Inicialmente avalie o AROMA DA AMOSTRA, Escreva o quanto gostou ou desgostou de acordo com a seguinte escala.

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Não gostei, nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Código da Amostra

AROMA

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Brix ideal para fermentação

Na Tabela 3, observa-se a evolução do grau alcoólico da fermentação para os valores de sólidos solúveis testados entre 10 e 20° brix a uma temperatura média de 27,9°C e um pH médio de 4,8 no mosto. Na Figura 6, encontra-se a equação de terceiro grau que expressa esse comportamento do grau alcoólico em função dos sólidos solúveis (°Brix). Os melhores resultados encontram-se entre 18 a 20 °Brix, e observa-se também que existe um valor residual médio de sólidos solúveis no fermentado de 2° Brix, o que pode ser atribuído a existência de outros sólidos solúveis infermentescíveis dissolvidos no mosto não convertidos em álcool durante o processo de bioconversão pela levedura utilizada.

Tabela 3 - Comportamento do grau alcoólico da fermentação em função do teor de sólidos solúveis do mosto

Fermento	°Brix	°GL	Temp.	pH	Fermento (g/L)	Brixf
Industrial	10	3,25	28,0	5,10	20	2,00
Industrial	11	3,90	28,2	4,94	20	2,00
Industrial	12	4,44	27,85	4,66	20	2,00
Industrial	13	5,45	28,67	4,98	20	2,00
Industrial	14	5,90	29,15	4,80	20	2,00
Industrial	16	7,33	28,5	4,75	20	2,00
Industrial	18	8,95	26,8	4,50	20	2,00
Industrial	19	9,10	27,7	5,10	20	3,00
Industrial	20	9,10	26,3	4,60	20	2,00

Brixf = Brix residual no final da fermentação

Desta forma, para o processo de fermentação do mosto da algaroba, decidiu-se trabalhar com um teor médio de sólidos solúveis de 19° Brix, visando obter um teor alcoólico entre 7 e 10 °GL que é a faixa média utilizada nos processos fermentativos

industriais que apresentam os melhores resultados. Segundo Brown et al. citado por SILVA (1998) para produção de aguardente de cana de açúcar, o teor alcoólico resultante do processo de fermentação deve situar-se entre 7 a 10°GL, pois valores acima de 10 °GL, podem ocasionar uma diminuição da eficiência da levedura nas fermentações subseqüentes, enquanto que um teor abaixo de 7 °GL, prejudica o rendimento da fermentação.

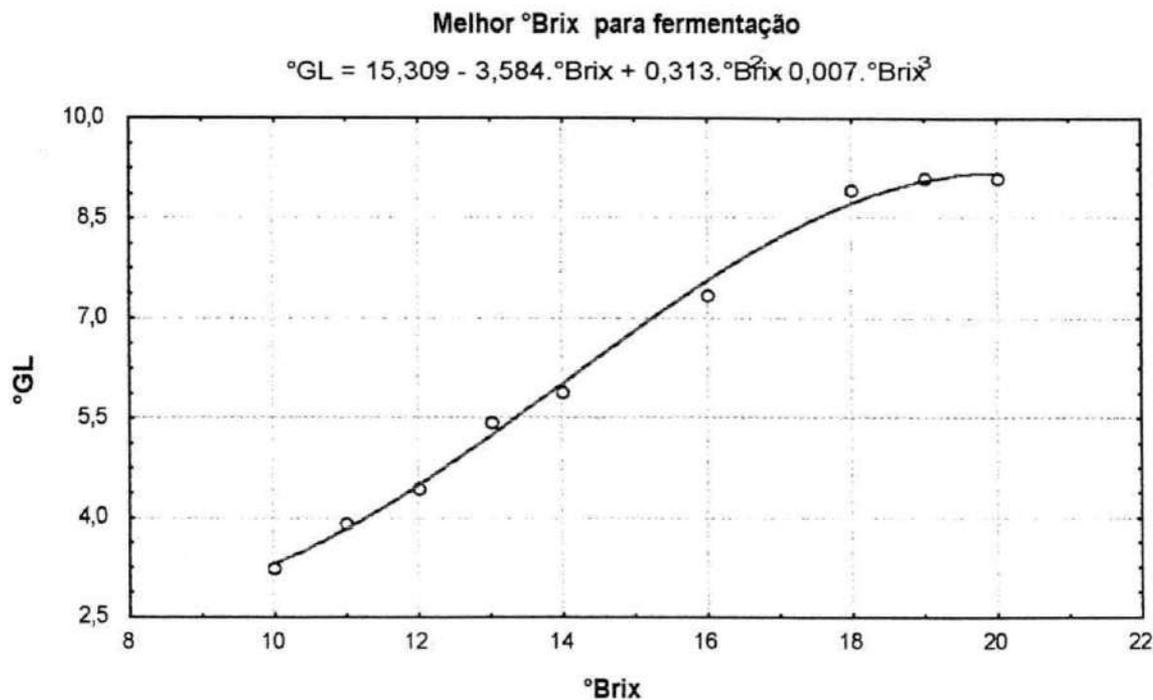


Figura 6 - Grau alcoólico em função do teor de sólidos solúveis.

4.2 Extração do caldo da algaroba

Observa-se na Tabela 4, relativo ao experimento 1, que para uma diluição de 1:1, obteve-se um teor de sólidos solúveis (°Brix) bastante elevado, porém o rendimento observado nessa extração foi baixo devido à extração ter sido executada de uma única vez, e a quantidade de água adicionada muito pequena, ficando muito açúcar retido no resíduo. A pressão de 250 kgf/cm² apresentou o inconveniente de estourar o filtro de nylon utilizado na prensagem.

Na condução do experimento 2, este teve um teor de sólidos solúveis (°Brix) menor, mas o seu rendimento em relação ao experimento anterior foi maior devido à metodologia de extração onde um kg de água é utilizado inicialmente para realizar a trituração e a prensagem. Repetindo-se a operação com a água restante, procurando-se dessa forma extrair o máximo possível de açúcares. No entanto, a pressão de 250kgf/cm² também apresentou o inconveniente de perfurar o nylon ocasionando perda de rendimento.

Tabela 4 - Rendimento da extração para diferentes diluições e diferentes tipos de extração.

Experimentos	EXTRAÇÃO			
	Mistura kg _{aig} /kg _{água}	Prensa	°Brix	Rendimento %
Experimento. 01	1:1	Automática 250 kgf/cm ²	30,8	42,0
Experimento. 02	1:2	Automática 250 kgf/cm ²	20,1	72,0
Experimento. 03	1:3	Automática 250 kgf/cm ²	14,5	78,5
Experimento. 04	1:4	Automática 250 kgf/cm ²	9,2	71,9
Experimento. 05	1:2	Manual 50 kgf/cm ²	22,0	69,1
Experimento. 06	1:2	Manual 50 kgf/cm ²	21,5	72,0
Experimento. 07	1:2	Manual 50 kgf/cm ²	22,3	73,1

Observou-se, no experimento 3, que apesar de obter-se um melhor rendimento em caldo e uma maior extração do açúcar contido na vagem, o teor de sólidos solúveis obtido apresentou um valor menor para ser fermentado, devido a grande quantidade de água utilizada na extração. Esse fator de diluição também dificulta o processo de prensagem (250 kgf/cm²) devido ao bloqueio dos poros do sistema filtrante (nylon) que ocasiona um rompimento desse sistema e conseqüente perda de parcela do produto.

Referente ao experimento 4, é constatado o mesmo procedimento que ocorreu com o experimento 3, onde no processo de extração obteve-se um rendimento bem maior, e um teor de sólidos solúveis bem menor ocasionado também uma ruptura do sistema filtrante e conseqüentemente perda do produto.

No experimento 5, 6 e 7, foi utilizada uma prensa manual na qual adaptou-se um macaco hidráulico de pressão aproximada de 50 kgf/cm^2 , sendo utilizada a melhor diluição encontrada dentre os quatro experimentos anteriores (diluição 1:2). Nesses experimentos obteve-se um rendimento próximo ao processo de extração 2, no entanto o teor de sólidos solúveis foi um pouco maior, isso se deve, naturalmente, as perdas não ocorridas com o rompimento do filtro.

4.3- Fermentação

4.3.1. Fermentação com fermento natural

Na Tabela 5 encontra-se o processo de fermentação natural onde em 6 dias foram obtidos 62,5 litros de mosto com 16°Brix gerando um teor alcoólico de $10,5^\circ\text{GL}$

Observa-se nessa tabela que o pH variou entre 4,2 a 5,1 e a temperatura entre 25 a 29°C . Percebe-se ainda que no final do processo de fermentação natural existiu uma quantidade de açúcares que não foram convertidos em álcool. Provavelmente essas quantidades de açúcares não convertidas, são açúcares infermentescíveis aliados a outros sólidos solúveis existentes no mosto. Este fato também foi observado por SILVA (1999), quando estudou a fermentação de aguardente com cana de açúcar e obteve 0,02% de açúcares infermentescíveis.

Neste processo é importante a monitoração do pH e da temperatura além de uma rigorosa assepsia. De acordo com LIMA, (1975) quando o pH está fora da faixa de 4 a 5, os rendimentos são inadequados pois para um pH abaixo de 4 ocorre uma inibição do processo fermentativo e quando o pH está acima de 5 pode haver a proliferação de outros microorganismos prejudicando a fermentação.

Tabela 5 - Processo de fermentação natural do mosto da algaroba.

Tempo (dias)	Mosto Vinho		pH	Temperatura (°C)	Volume (mL)	Teor alcoólico (°GL)
	°Brix	°Brix				
1	6	0	4,7	29	20	-
2	8	4	4,6	26	100	-
3	10	2	4,2	29	500	4,3
4	12	5	5,1	28	2500	5,8
5	14	2	4,6	28	12500	7,2
6	16	2	5,0	25	62500	10,5

Na Figura 7 está graficada a superfície de resposta da variação do teor de sólidos solúveis expresso em °Brix, em relação ao volume do mosto adicionado a cada 24 horas, sendo que essa superfície de resposta obedece a uma equação de segundo grau.

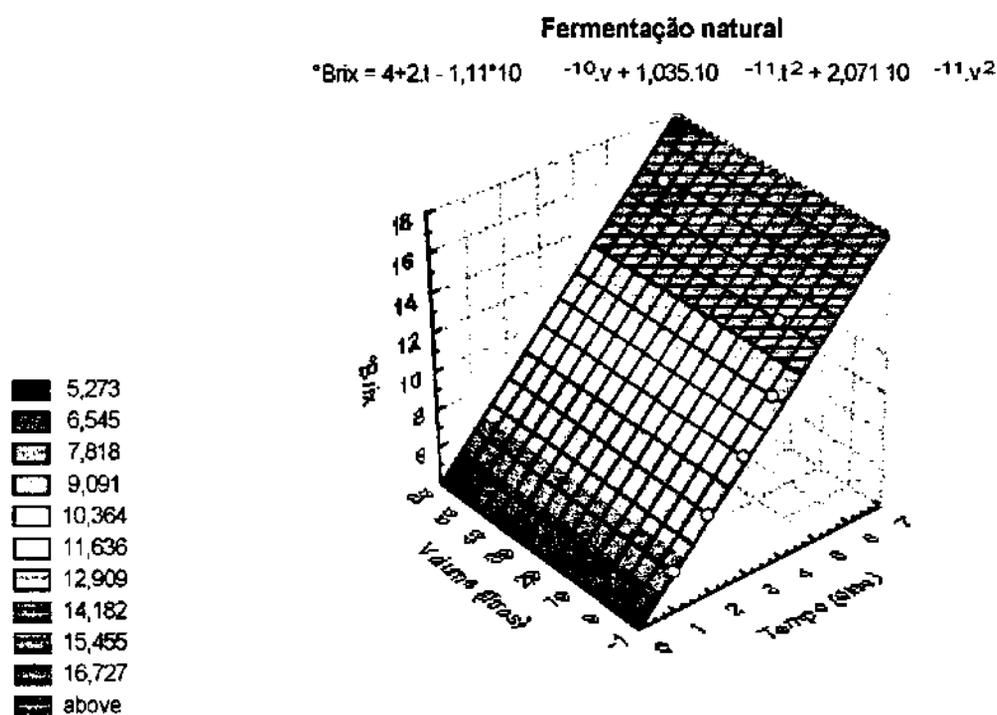


Figura 7 – Superfície de resposta da variação do °Brix em função do volume e do tempo.

4.2.2. Fermentação com fermento industrial

Embora se tenha realizado a fermentação para todos os 7 experimentos em estudo, apenas dois processos de fermentação foram monitorados a cada 24 horas com relação a pH, temperatura, sólidos solúveis e grau alcoólico.

Tabela 6 – Fermentação do mosto de algaroba com *Saccharomyces cerevisiae* contendo o mosto um teor inicial de sólidos solúveis de 19°Brix

Tempo (hora)	Sólidos Solúveis (°Brix)	pH	Temperatura (°C)	Volume (L)	Grau alcoólico (°GL)
0	19,0	5,1	27,7	32,37	0,0
1	19,0	5,0	29,0	32,37	0,0
2	18,0	4,9	29,7	32,37	1,0
3	17,3	4,8	28,5	32,37	2,0
4	16,3	4,7	27,3	32,37	2,20
5	15,0	4,5	28,4	32,37	2,42
6	14,0	4,3	27,8	32,37	2,665
7	13,2	4,4	28,1	32,37	3,12
8	12,1	4,7	29,2	32,37	3,60
9	11,3	4,5	30,4	32,37	4,14
10	10,6	4,7	30,2	32,37	4,76
11	9,8	4,6	31,0	32,37	5,44
12	9,1	4,7	30,9	32,37	6,18
13	8,2	4,6	30,9	32,37	6,5
14	7,5	4,2	31,2	32,37	6,9
15	6,1	4,2	31,1	32,37	7,1
16	4,8	4,5	31,2	32,37	7,3
17	3,0	4,7	31,3	32,37	8,8
18	2,8	4,7	31,5	32,37	9,1
19	2,8	4,6	31,5	32,37	9,1
20	2,5	4,7	30,4	32,37	9,1

UFCG - BIBLIOTECA

Na Tabela 6 e na Tabela 7 encontram-se os dados obtidos para a fermentação do mosto de algaroba iniciando com 19 e 13 °Brix de sólidos solúveis, respectivamente. Consta-se a Tabela 6 que depois de 18 horas o processo estabilizou-se em um teor alcoólico de 9,1°GL e na Tabela 7 depois de 13 horas esse processo foi estabilizado a um teor alcoólico de 5,9 °GL. Percebe-se, em ambos os processos, a exemplo do ocorrido na fermentação natural, que também se verifica uma quantidade de sólidos solúveis (2,5 °Brix) que não foram fermentados e o justificado para a fermentação natural pode também ser atribuída para a fermentação realizada com um fermento industrializado.

A equação que representa o comportamento da diminuição dos sólidos solúveis de 19°Brix com o tempo e de sua biotransformação em etanol encontra-se na Figuras 8, onde essas são expressas por uma equação de quarto grau. A Figura 9 representa também o comportamento da diminuição dos sólidos solúveis com o tempo com a diferença de que este processo se inicia com 13°Brix e sua biotransformação ocorre em 13 horas, sendo estes procedimentos expressos por equações de terceiro grau.

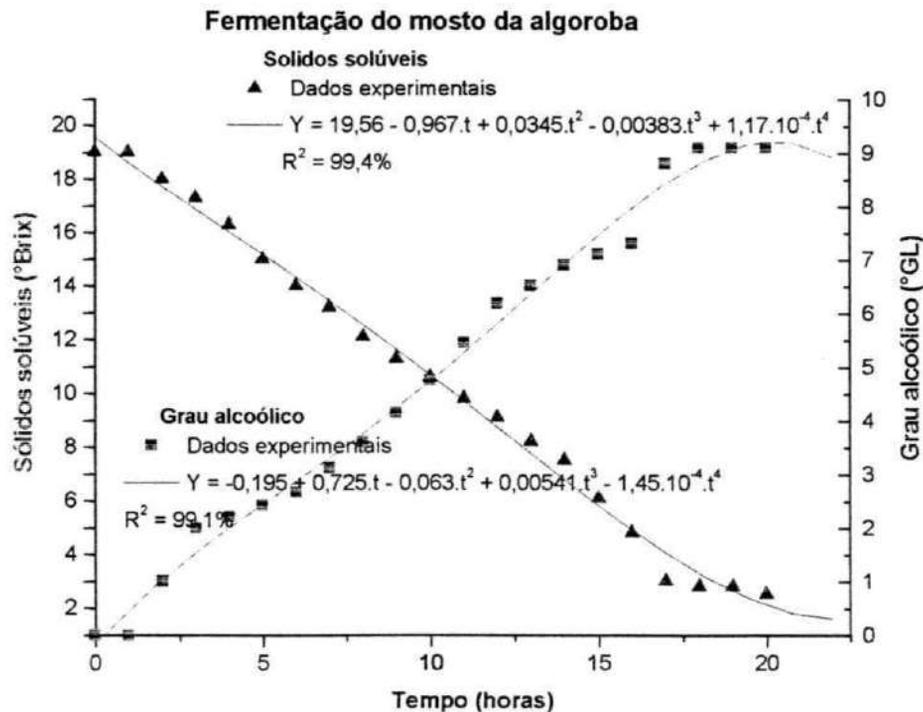


Figura 8 – Curvas de monitoramento do teor de sólidos solúveis a 19°Brix do mosto de algaroba e do grau alcoólico, em função do tempo.

Tabela 7 – Fermentação do mosto de algaroba com *Saccharomyces cerevisiae* contendo o mosto um teor inicial de sólidos solúveis de 13°Brix

Tempo (hora)	Sólidos Solúveis (°Brix)	pH	Temperatura (°C)	Volume (L)	Grau alcoólico °GL
0	13,0	4,5	29,8	23	0,0
1	11,5	4,06	30,6	23	0,0
2	10,0	3,70	31,6	23	1,1
3	9,40	3,75	32,5	23	1,8
4	9,00	3,70	32,6	23	2,0
5	7,50	3,60	33,3	23	2,1
6	6,50	3,50	33,2	23	3,2
7	5,50	3,53	33,3	23	3,8
8	4,50	3,52	35,3	23	4,5
9	4,40	3,53	35,3	23	4,6
10	4,20	3,60	35,4	23	4,8
11	4,00	3,50	35,3	23	5,0
12	3,80	3,50	35,4	23	5,3
13	2,50	3,50	35,4	23	5,9

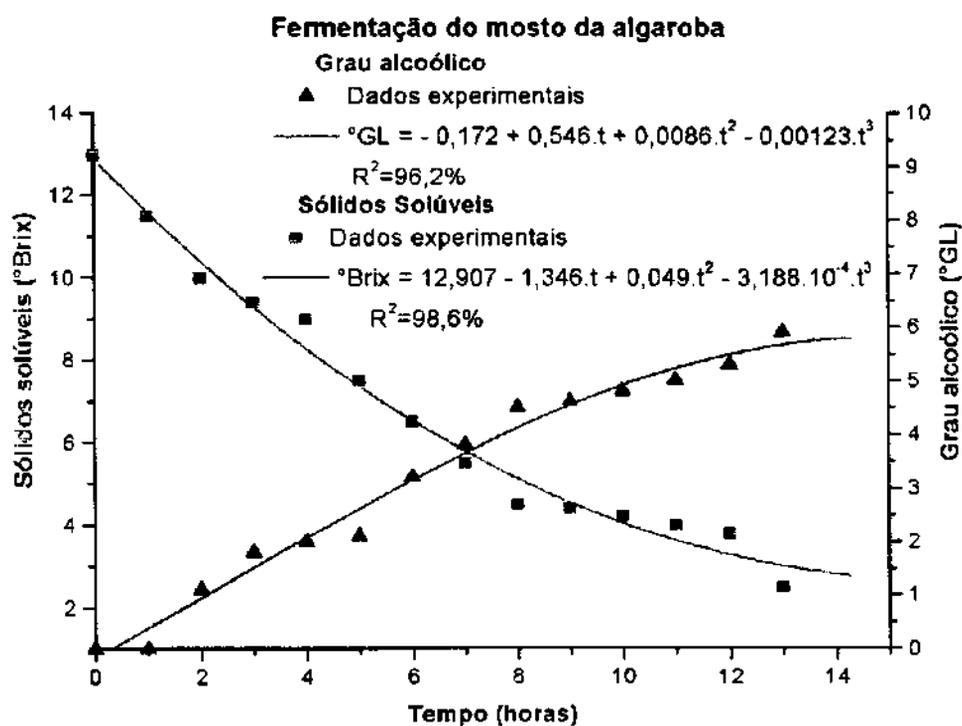


Figura 9 – Curvas de monitoramento do teor de sólidos solúveis a 13°Brix do mosto de algaroba e do grau alcoólico, em função do tempo.

Na Tabela 8, estão todos os valores referentes aos teores de sólidos solúveis iniciais de cada experimento e os valores finais da biotransformação em etanol. Constata-se nessa tabela que o teor de etanol da algaroba obtido, varia entre 3,3 a 10,5 que corresponde aos experimentos 4 e 7, respectivamente. Observa-se portanto que o maior teor de etanol foi obtido quando a fermentação ocorreu com fermento natural, seguido do experimento 6 que corresponde ao processo fermentativo com o microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* e o mosto com um teor inicial de sólidos solúveis de 19 °Brix.

Percebe-se também na Tabela 8 que para os experimentos que vão de 1 a 4 existe uma diminuição do teor de sólidos solúveis iniciais, evidentemente em função do processo de extração e de diluição do mosto o que acarreta uma diminuição do Grau alcoólico do fermentado.

Tabela 8 – Fermentação do mosto de algaroba com *Saccharomyces cerevisiae* e com fermento natural contendo o mosto diferentes teores iniciais de sólidos solúveis

Experimento	Sólidos Solúveis Inicial (°Brix)	pH médio	Temperatura (°C)	Volume (L)	Grau alcoólico Final °GL
1	30,8	5,2	28,6	0,379	8,95
2	19,0	4,6	29,6	22,620	7,35
3	13,0	3,7	33,5	23,000	5,90
4	14,5	4,7	25,8	55,000	3,30
5	19,0	4,7	23,0	30,613	7,30
6	19,0	4,6	28,5	32,400	9,10
7	16,0	4,7	28,0	62,500	10,50

4.4. Destilação

Nas Figuras que vão de 10 a 15 encontram-se os processos de destilação que correspondem aos experimentos de 2 a 7.

Devido aos quantitativos obtidos no experimento 1 decorrente de uma pequena quantidade de matéria prima disponível e um baixo rendimento de extração não foi possível dar seqüência ao processo de destilação.

Contudo, os demais experimentos foram monitorados e os resultados da destilação constam nas Figuras de 10 a 15 que correspondem ao coração das destilações, desprezando-se a cabeça e a calda desses destilados.

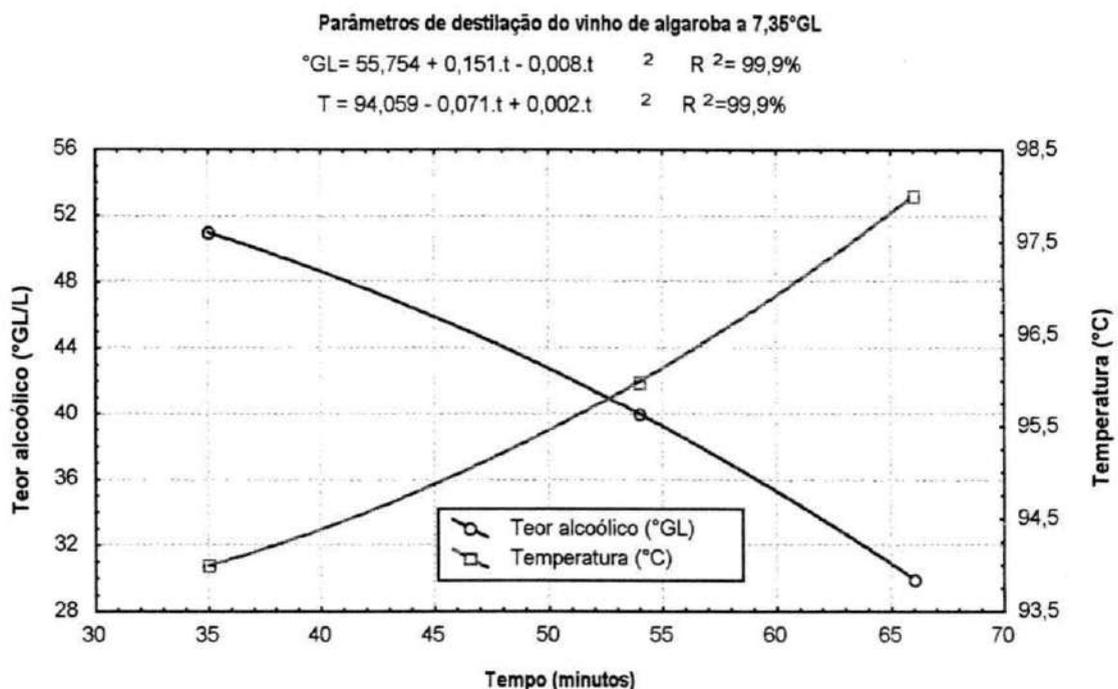


Figura 10 – Destilação do vinho da algaroba a 7,35°GL correspondendo ao Experimento 2.

Analisando-se essas figuras pode-se verificar que o experimento 5 tem uma melhor performance do que os demais experimentos pois se constata que o mesmo tem uma velocidade de extração de 3,41 litros por hora e teor alcoólico médio de 39 °GL por litro de destilado. Este fator pode ser mais bem analisado na Tabela 9 que foi elaborada para se fazer uma análise comparativa entre os resultados do processo de destilação.

Tabela 9 – Parâmetros comparativos do processo de destilação extraído das Figuras 10 a 15

Experimentos	Grau alcoólico médio (°GL/L)	Tempo de destilação	Volume destilado (Litros)	Vazão (L/h)
2 (Figura 10)	40,6	66	3	2,73
3 (Figura 11)	36,3	61	3	2,95
4 (Figura 12)	20,6	110	6	3,27
5 (Figura 13)	39,0	88	5	3,41
6 (Figura 14)	41,8	110	5	2,72
7 (Figura 15)	28,7	203	10	2,96

Nessa tabela também se pode observar que tanto o experimento 2 quanto o experimento 6 tem comportamentos semelhantes, pois eles diferem apenas no processo de extração, no entanto durante a destilação eles iniciam com o mesmo teor de açúcares passíveis de fermentação. Ainda nessa tabela, é possível de constatar que a destilação com fermento natural, embora se tenha obtido 10 litros de etanol, o seu resultado médio em grau alcoólico foi um dos mais baixos, só perdendo para o experimento 4 onde a diluição foi de 1:4.

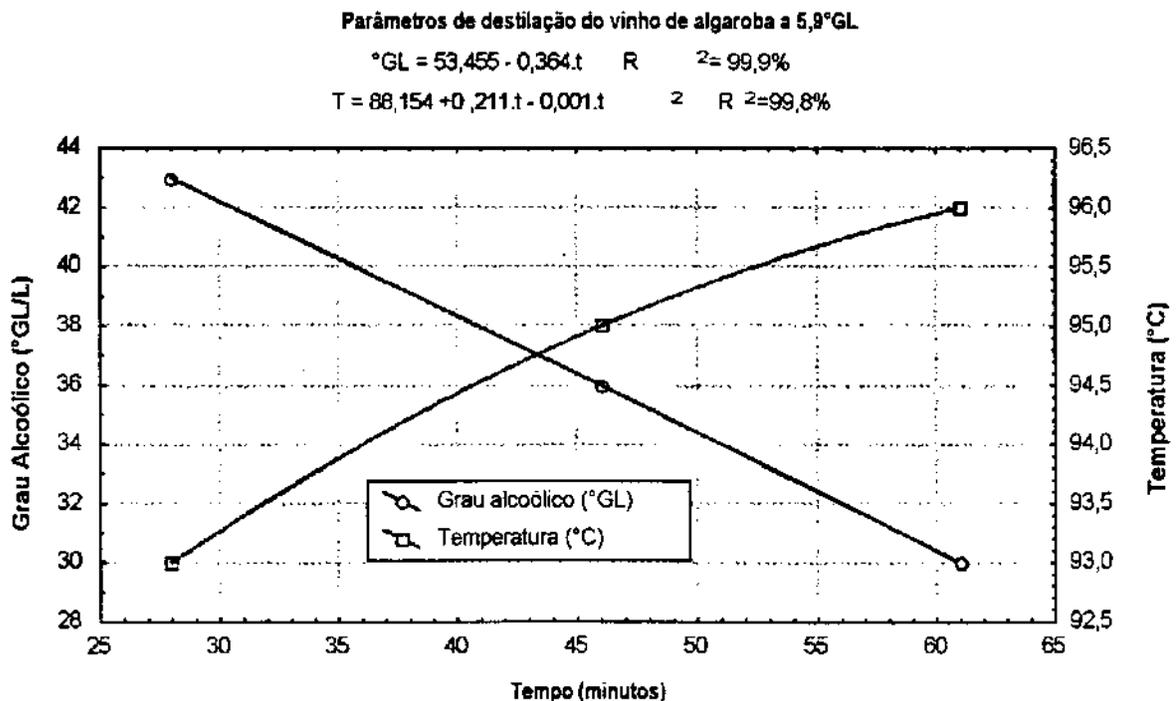


Figura 11 – Destilação do vinho da algaroba a 5,9 °GL correspondendo ao Experimento 3.

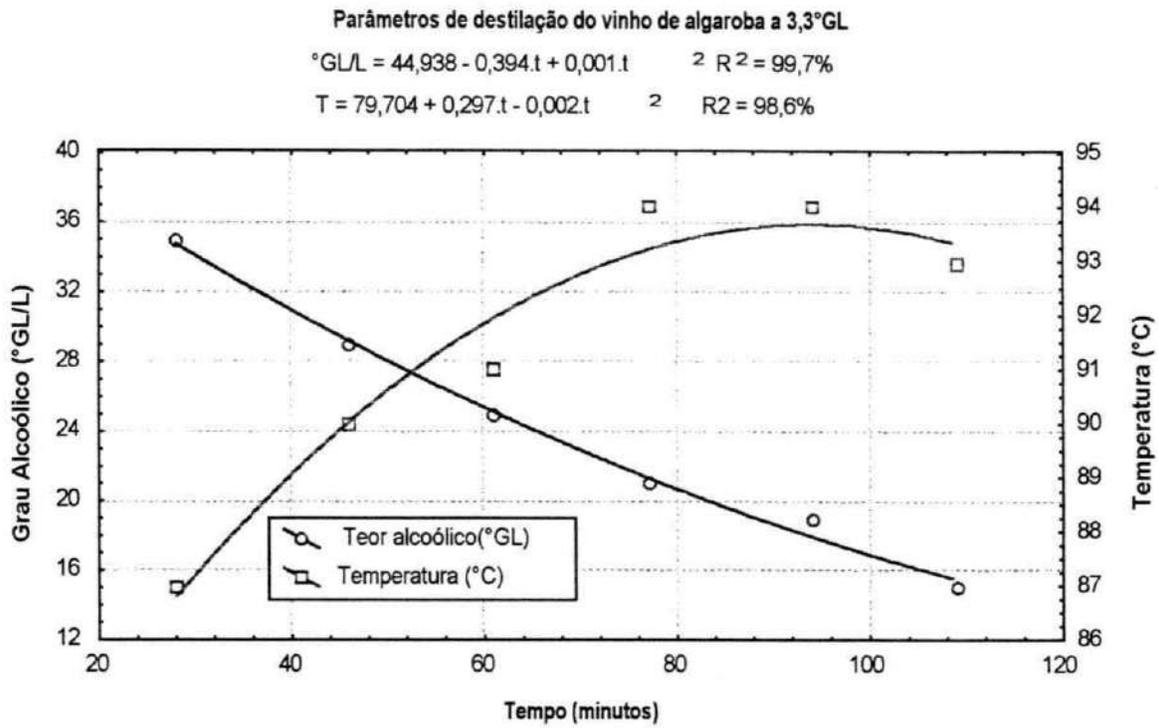


Figura 12 – Destilação do vinho da algaroba a 3,3 °GL correspondendo ao Experimento 4.

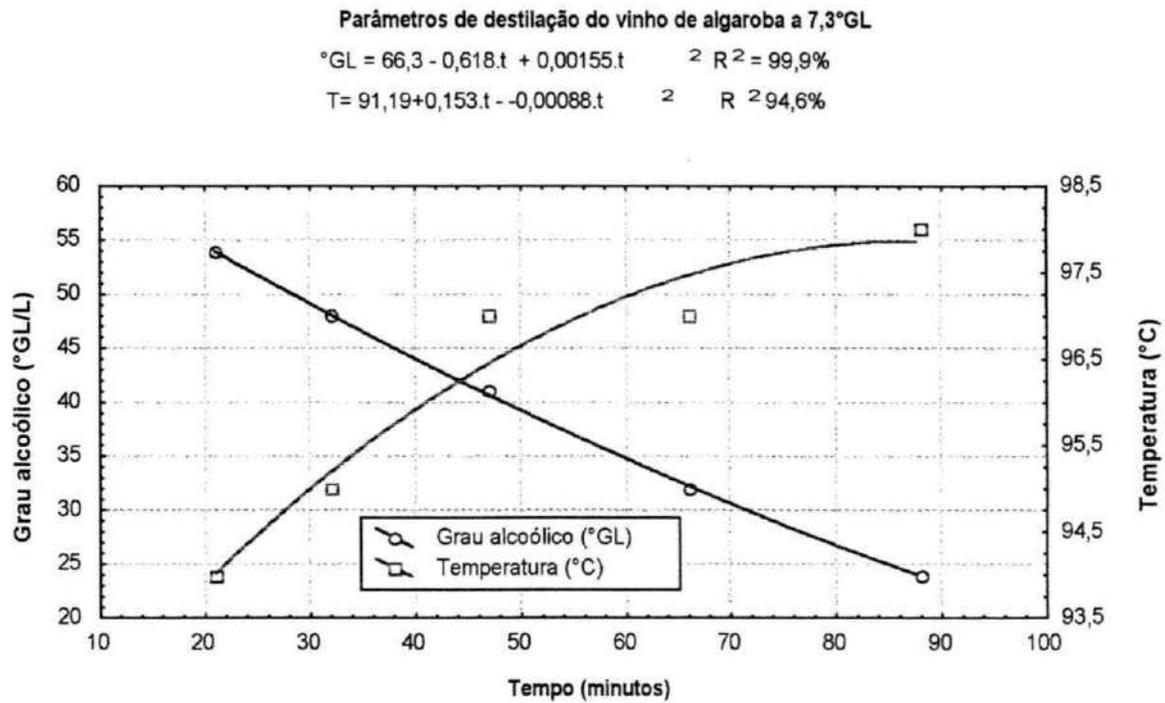


Figura 13 – Destilação do vinho da algaroba a 7,3 °GL correspondendo ao Experimento 5.

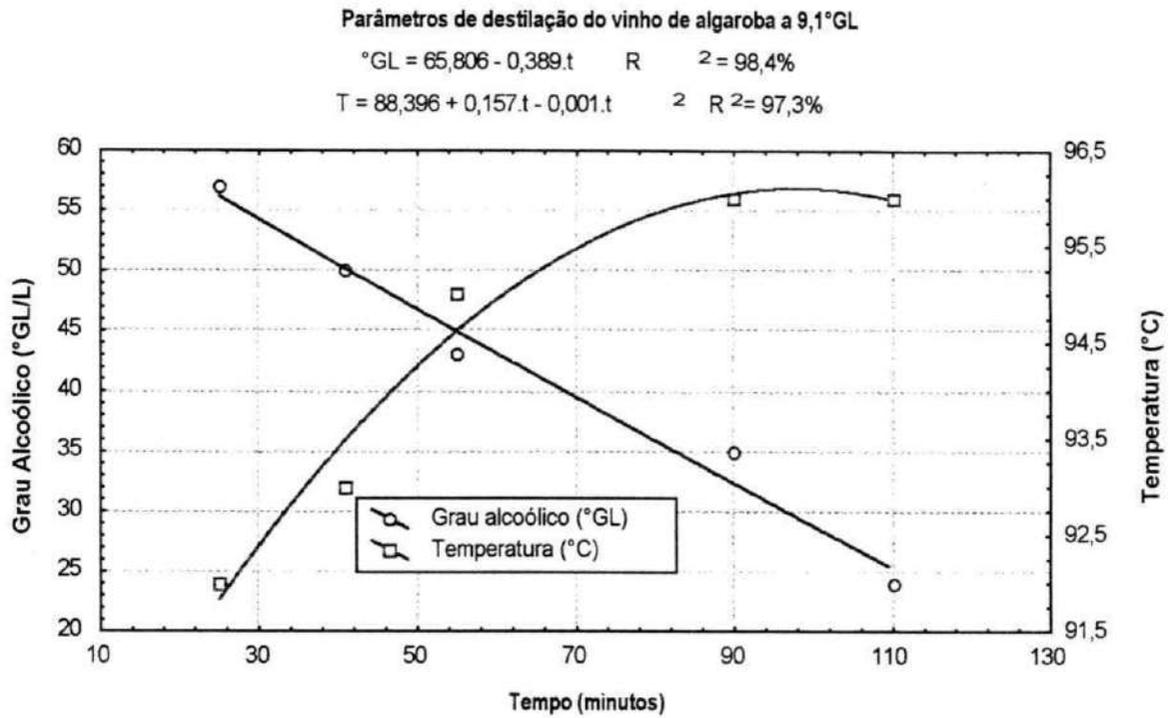


Figura 14 – Destilação do vinho da algaroba a 9,1 °GL correspondendo ao Experimento 6.

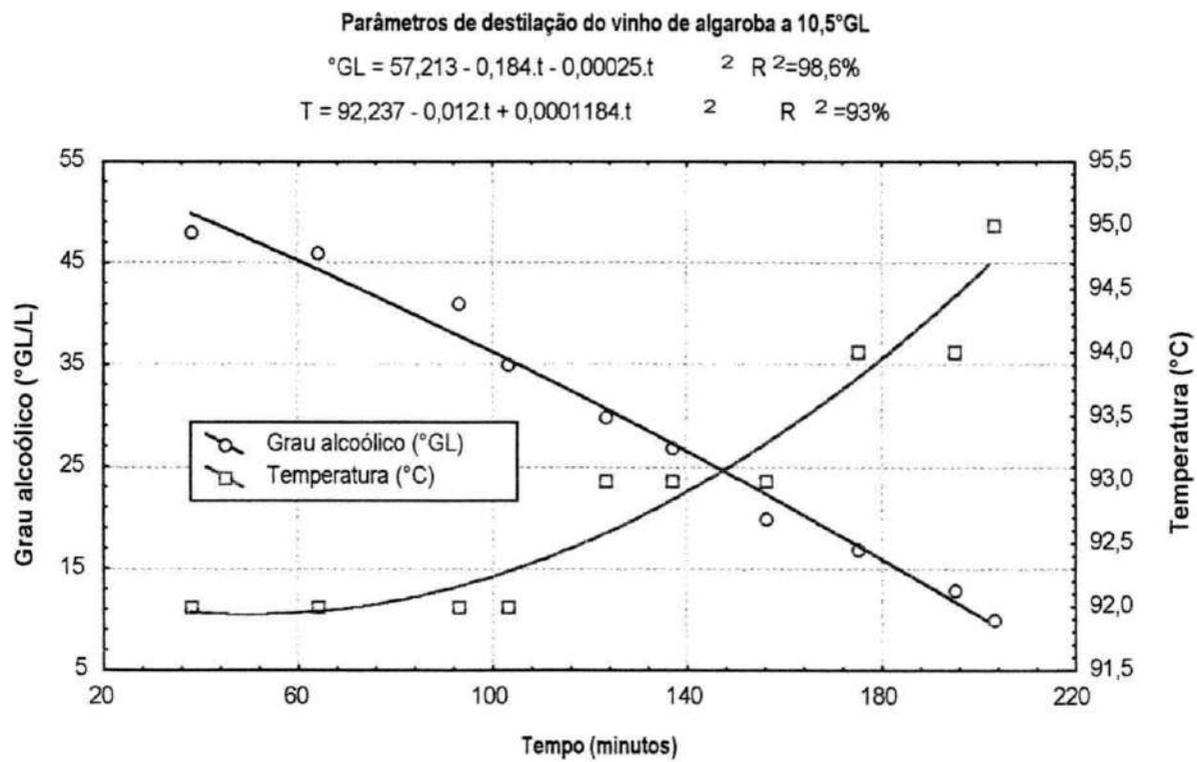


Figura 15 - Destilação do vinho da algaroba a 10,5°GL correspondendo ao Experimento 7.

4.5 Rendimento Industrial

Na Tabela 10 encontra-se o rendimento industrial do processo de obtenção de aguardente proveniente das vagens de algaroba, composto dos rendimentos da extração, rendimento da fermentação e do rendimento da destilação. Nessa tabela constata-se que o melhor rendimento industrial foi obtido no experimento 6 (52%) que se constitui de uma extração de 1: 2 (1 kg de algaroba / 2kg de água) em uma prensa de 50kgf/cm², sendo que o processo de fermentação ocorreu com um teor de sólidos solúveis inicial de 19°Brix, realizada por um microrganismo de produção industrial que foi o *Saccharomyces cerevisiae*, tendo durante o processo de destilação um rendimento de 80,3%.

Nessa Tabela 10, também se observa que o rendimento industrial da aguardente produzida a partir da fermentação natural do mosto no experimento 7 proveniente das vagens de algaroba teve um excelente rendimento de fermentação, no entanto, no processo de destilação o rendimento não foi dos melhores o que acarretou em um rendimento industrial inferior a maioria dos experimentos testados. Neste contexto, recomenda-se aprofundar as investigações no processo de destilação.

Tabela 10 – Rendimento industrial do processo de produção de aguardente de algaroba

Experimentos							
Rendimentos	1	2	3	4	5	6	7
%Re	42,0	72,0	78,5	71,9	69,1	72,0	73,1
%Rf	87,0	72,4	76,3	68,2	72,1	90,0	95,4
%Rd	-	87,0	75,0	53,0	91,0	80,3	61,6
%Ri	-	45,4	44,9	26,0	45,3	52,0	43,0

Re = rendimento da extração
 Rf = rendimento da fermentação
 Rd = rendimento da destilação
 Ri = rendimento industrial

UFCC - BIBLIOTECA

4.6. Bidestilação

Decorrente do melhor experimento com maior rendimento industrial, este foi diluído para 10 °GL e feita uma nova destilação com a finalidade de melhorar a qualidade da aguardente de algaroba, reduzindo o teor de cobre, metanol e álcoois superiores. Neste processo também foi retirada a cabeça do destilado, seguindo-se os procedimentos anteriores

Na Figura 16 encontra-se a destilação do destilado da algaroba que corresponde a bidestilação sem a cabeça e a cauda. Desta forma observa-se que para obter-se uma aguardente dentro dos padrões de Grau alcoólico (38 a 54°GL) o processo de destilação deve ser considerado até os 65 minutos que corresponde a 5 litros de aguardente com um Grau alcoólico médio de 38,6°GL.

Neste caso o rendimento obtido foi de 45,5% que é considerado um baixo rendimento, no entanto, a aguardente obtida é de qualidade quando se analisa os constituintes químicos que compõem essa aguardente.

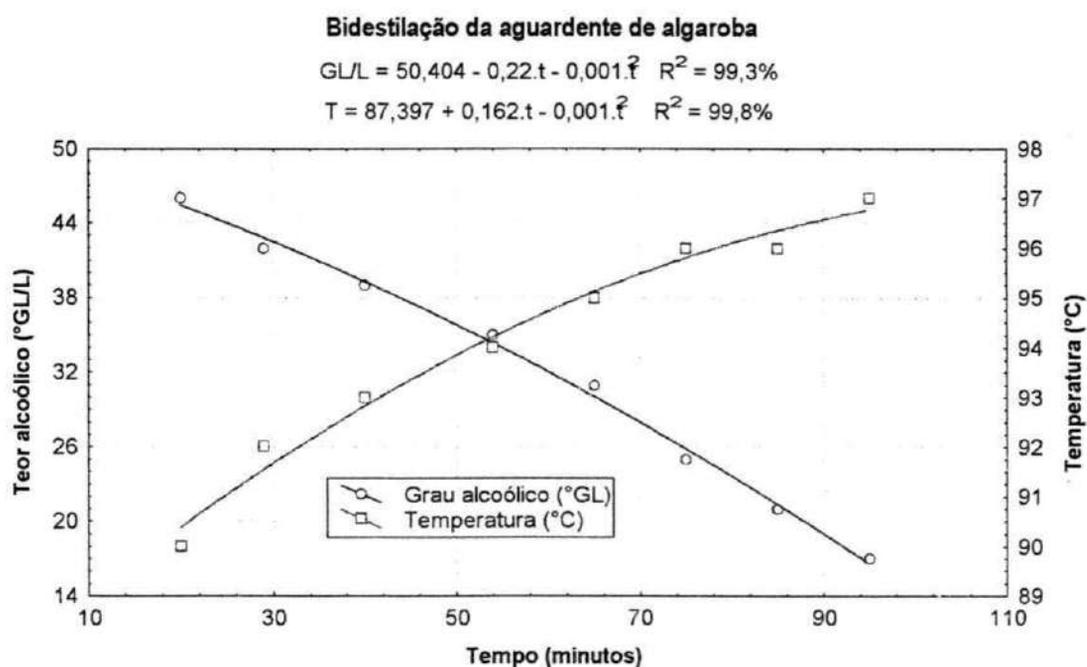


Figura 16 - Bidestilação do destilado alcoólico da algaroba.

4.6.1. Análises química

Na Tabela 11 estão as análises químicas da aguardente de algaroba destilada e bidestilada relacionadas com os padrões de qualidade ou seja os teores de cobre, acidez volátil, ésteres, aldeídos, álcoois superiores, e metanol

Sob o ponto de vista químico, a aguardente obtida a partir de algaroba, deve atender todos os requisitos determinados pela legislação vigente, isto é: todos os valores devem estar dentro das especificações, sendo que o seu aspecto físico deve se mostrar límpida e incolor, apresentando um leve aroma de frutas.

Sob o ponto de vista químico, a aguardente de algaroba que sofreu apenas uma destilação apresenta um teor de álcoois superiores acima do recomendado, no entanto, nas análises químicas da aguardente de algaroba bidestilada esses valores encontram-se bem abaixo dos limites estabelecidos pelo Ministério da Agricultura para uma aguardente, o que faz com que a aguardente bidestilada seja recomendada, além de oferecer melhores condições para o seu envelhecimento.

Tabela 11 – Valores dos padrões de qualidade obtidos nas determinações analíticas da aguardente de algaroba.

Experimentos	Teor alcoólico 38° a 54° (Gl°)	Cobre ≤ Sppm (mg/l)	Acidez volatil ≤ 150mg/ 100ml	Ésteres ≤ 200mg/ 100mlAA	Aldeídos ≤ 30mg/ 100mlAA	Alcool superior ≤ 300mg/ 100mlAA	Alcool metílico ≤ 0,25ml/ 100mlAA
A1-D	40	4,358	94,32	5,295	12,883	393,35	0,083
A2-B	45	0,261	10,46	12,387	9,189	215,54	0,002
A3-B	45	0,223	9,70	13,541	8,324	203,65	0,001

onde:

A1-D: Amostra1 destilada

A2-B: Amostra2 Bidestilada

A3-B: Amostra3 Bidestilada

4.7. Análise sensorial

Parte da aguardente bidestilada foi colocada em barril de carvalho para envelhecimento, contudo, neste trabalho, só foi possível analisar o envelhecimento depois de três meses o qual foi denominado de pré-envelhecimento.

Na Tabela 12 encontra-se os valores atribuídos pelos provadores não treinados correspondendo a uma escala hedônica com nove denominações que vão desde gostei muitíssimo até desgostei muitíssimo. Nessa tabela pode-se observar que nenhum provador não desgostou da aguardente o que induz a acreditar que a aguardente bidestilada pode ter um futuro promissor, principalmente para a região semiárida do nordeste brasileiro.

Tabela 12 – Valores atribuídos a Análise Sensorial da aguardente bidestilada e bidestilada pré-envelhecida de aguardente de algaroba.

Escala hedônica	Bidestilada		Bidestilada e envelhecida	
	aroma	sabor	aroma	sabor
9. Gostei muitíssimo	1	1	6	2
8. Gostei muito	2	2	2	7
7. Gostei moderadamente	2	3	1	-
6. Gostei ligeiramente	4	2	-	-
5. Não gostei, nem desgostei	-	1	-	-
4. Desgostei ligeiramente	-	-	-	-
3. Desgostei moderadamente	-	-	-	-
2. Desgostei muito	-	-	-	-
1. Desgostei muitíssimo	-	-	-	-

Na Tabela 13 e 14 estão respectivamente a análise de variância e a comparação entre medias para a análise sensorial do aroma da aguardente de algaroba bidestilada e bidestilada pré-envelhecida. Na comparação entre médias observa-se que existem diferenças significativa entre o aroma da aguardente bidestilada e da bidestilada pré-envelhecida, significando dizer que as substancias existentes no barril de carvalho que reagem com a aguardente bidestilada conferem ao produto um aroma que tem uma preferência dos provadores.

Tabela 13 - Análise de variância do aroma da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada e pré-envelhecida

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	1	10,88	10,88	12,25*
Resíduos	16	14,22	0,88	
Total	17	25,10		

Tabela 14 - Comparação entre média do aroma da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada e pré-envelhecida

Tratamentos	Aroma
Aguardente bidestilada	7,0 b
Aguardente bidestilada e pré-envelhecida	8,5 a
DMS	0,94

Na Tabela 15 e 16 encontram a análise de variância e a comparação entre médias, respectivamente, da análise sensorial do sabor da aguardente de algaroba bidestilada e bidestilada pré-envelhecida.

Tabela 15 - Análise de variância do sabor da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada e pré-envelhecida

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	1	4,5	4,5	4,0 ns
Resíduos	16	18,0	1,125	
Total	17	22,5		

Na Tabela 16, referente à comparação entre média observa-se que não existe diferença significativa entre o sabor da aguardente bidestilada e o sabor da aguardente bidestilada e pré-envelhecida. Note-se, no entanto, que o desvio mínimo significativo

encontra-se no limite da significância. Este fato, nos leva a supor que quando o envelhecimento for concluído existirá uma preferência do consumidor pela aguardente bidestilada e pré-envelhecida.

Tabela 16 - Comparação entre média do sabor da aguardente bidestilada e da aguardente bidestilada e pré envelhecida

Tratamentos	Sabor
Aguardente bidestilada	7,0 a
Aguardente bidestilada e pré-envelhecida	8,0 a
DMS	1,06

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos durante o processo de obtenção de aguardente de algaroba, pode-se concluir que:

- O melhor teor de sólidos solúveis, expresso em °Brix, para o processo de fermentação alcoólica do caldo da algaroba encontra-se entre 18 a 20 °Brix, tendo-se optado por trabalhar no valor médio de 19°Brix;
- No final do processo de fermentação existe um valor residual de sólidos solúveis médio de 2°Brix;
- O melhor rendimento do processo de extração do caldo encontrou-se quando a algaroba foi submetida a uma extração na proporção de 1:2 (1 kg de vagem / 2 kg de água) a uma pressão média de 50 kgf/cm² ou a 250 kgf/cm²;
- no processo de fermentação natural foram obtidos 62,5 litros de mosto em 6 dias com 16°Brix gerando um teor alcoólico de 10,5 °GL e os dados do processo geram uma superfície de resposta que corresponde a uma equação de segundo grau;
- O melhor processo fermentativo com o microorganismo selecionado *Saccharomyces cerevisiae*, foi obtido quando a fermentação ocorreu com um teor inicial de sólidos solúveis de 19 °Brix gerando ao final do processo um teor alcoólico de 9,1 °GL (Experimento 6);
- O melhor processo de destilação foi obtido no experimento 5 que teve uma velocidade de extração de 3,41 litros por hora e um teor alcoólico médio de 39 °GL por litro de destilado;

- O melhor rendimento industrial foi de 52%, provenientes dos rendimentos de extração de 72%, rendimento da fermentação de 92% e do rendimento da destilação de 80,3% (Experimento 6);
- O limite máximo de tempo para obtenção da aguardente bidestilada dentro dos padrões (Grau alcoólico entre 38 a 54°GL) foi de 65 minutos com uma graduação alcoólica média de 38,6°GL;
- Os teores de cobre, acidez volátil, ésteres, aldeídos, álcoois superiores, e metanol da aguardente bidestilada de algaroba, encontram-se dentro dos limites estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e para a aguardente destilada apenas os álcoois superiores estão acima dos padrões recomendados;
- O aroma da aguardente de algaroba bidestilada e pré-envelhecida é significativamente melhor do que o aroma da aguardente bidestilada e não foi verificada uma diferença significativa entre os sabores dessas duas aguardentes.
- Portanto conclui-se finalmente que o processo é promissor

Sugestões:

- Otimizar os processos de extração e destilação;
- Fazer uma análise energética do processo;
- Fazer uma análise econômica e determinar a viabilidade do processo, sob o ponto de vista, industrial.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVES, A. Q. **Algaroba: Uma alternativa de florestamento e reflorestamento na Paraíba.** João Pessoa, Editado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 1972a. 39p.

ALVES, A. Q. **Algaroba: Uma experiência válida.** João Pessoa. Editado pela Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1972b. 19-20p.

ALVES, M. F. **Aplicação da vagem da algaroba na produção de produtos fermento destilados.** João Pessoa. CP, 2001. Entrevista concedida pelo Professor Manoel Ferreira Alves, UFPB-DTQA, em 23.07.2002.

ANÔNIMO. **Cultivo alternativo las zonas y semi-áridas de México, Mesquite; *Prosopis s. sp.*** Instituto Nacional de Ecología. México, NA.

ARRUDA, D. T. de **Viabilidade técnico-econômica da produção de etanol e subproduto (Ração) a partir da algaroba no semi-árido da Paraíba.** 1994. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 1994.

ATHANASOPOULOS, N. **Manual methods flame for atomic absorption.** Dandenoug Victoria. Atria. S/D

AZEVEDO, C.F. **Algarobeira na alimentação animal e humana.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGARоба, 1, 1986, Natal.. 3p.

AZEVEDO, G. de **“Algaroba”.** Publicação. Rio de Janeiro. Ed. Serviço de Informação Agrícola. 843. Ministério da Agricultura. 1960. 34p.

AZEVEDO, G. **A Algaroba**. Rio de Janeiro. Serviço de Informação Agrícola. 2ª ed., s.l. nº 843. Ministério da Agricultura. 1961. 32p.

AZEVEDO, G. **Algaroba**. Natal, RN.SAFPA. 1955. 13p.

BARBOSA, H. P. **Valor nutritivo da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC), através de ensaios de digestibilidade em carneiros**. 1977. 48f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Imprensa Universitária. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1977.

BARROS, N. A. T. de **Substituição do melaço de cana-de-açúcar na alimentação de carneiros**. 1981. 81f. 2ª edição. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 1981b

BARROS, N. A. M. T. de. **Efeito da substituição progressiva do melaço por vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* (S.W) D.C.) na alimentação de ruminantes**. 1981. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 1981.

BECKER, R. and GROSJEAN, O. K. 1980. **A compositional study of pods of two varieties of mesquite** (*Prosopis glandulosa*, *P. velutina*). *J. Agric. Food Chem.*p. 22-28.

BOZA, Y; HORII, J. Influencia da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar, **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas,SP, v. 18, n. 4, p.1-4, out./dez. 1998.

BURKART, A. E. **“Las leguminosas Argentinas silvestres e cultivadas”**. 2ª ed. Buenos Aires: Editado pelo ACME Agency, 1952. 590 p.

BUZO, J.; ÁVILA, R.; BRAVO, F. D. Efecto de la substitucion progressiva de sorgo por vaina de mesquite em la alimentacion de los borregos. Tec. Pecu. Mexes. p. 20-23. 1972.

CONGER. Manual de operações em destilarias de álcool. 1986. São Paulo. 126 p.

CAMPELO, R. Algarobeira: alternativa para o semi-árido brasileiro. Maceió, AL: UFAL, 1987. 25 p. (UFAL. Informe técnico).

CAMPOS, J. Tabela para cálculos de rações. Viçosa. UFV. 1980. 62p.

CARBELLO, H. M. B; Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus Alba L.*), Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, v. 18, n. 2, p.169. maio/jul. 1998.

CARNEIRO, I.; QUEIROZ, V. S. de. Curso de extensão em tecnologia de aguardente de cana-de-açúcar. João Pessoa. UFPB-DTQA, 1994. 29 p. (UFPB-DTQA. Apostila).

CARVALHO, R. F. de. A algarobeira. Recife. Serviço Florestal. 1961. 11p.

CHAVES, J. B. P. Cachaça, Produção artesanal de qualidade. CPT. (Centro de Produções Técnicas). Viçosa. Manual nº 115. Série agroindustrial. S/D. 77p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. Simpósio Brasileiro sobre Algaroba, 1, Natal. Anais... Natal, EMPARN, 1982. v.1, 407 p.; v.2, 96p.

FARIA, J.B; BELIZA, R; ROSSI, E. A. A. Composto sulfurados e a qualidade das aguardentes de cana. São Paulo. Departamento de Tecnologia e Nutrição – FCF – UNESP. S/Da. 5p.

FARIAS de, G. G. M.; BARROS de, N. A. M. T. **A algarobeira como linha de pesquisa da UFRN: Estudos nutricionais e agrônômicos.** S/Db.

FERNANDES, M. C. L. Decreto reconhece a cachaça como produto exclusivamente brasileiro. **Revista Cachaça Magazine**, Belo Horizonte, MG, v.1, n. 1, p. 8, jun. 2002.

FIGUEIREDO, A. A. “ **Lebensmitte lelremiscere relevante ineraltroffe der sceroten der algarobeira (*Prosopis juliflora DC*)**”. Tese de doutorado. Julius Maximilians. Universitat Wurzburg. Alemanha. 1975. 105 p.

FIGUEIREDO, A. A. Algaroba, **Descubra esta arvore maravilhosa.** Disponível em: <http://acd.ufrj.br/algaroba/main.html> Acesso em: 13 de outubro 2001.

FIGUEIREDO, A. A. Algaroba, **Tecnologia, produtos e usos: Meio século no Brasil.** Rio de Janeiro, Brasil, 2000. 17 p.

GALVÃO, A. P. M.; LIMA, P. C. F. Considerações sobre pesquisa com algaroba desenvolvidas pelo programa nacional de pesquisa florestal do nordeste. **Revista da Associação Brasileira da Algaroba.** Mossoró, v. 1, nº.1, mês/mês.1987. 111p.

GOMES, R. P. **A Algarobeira.** Serviço de Informação Agrícola. Rio de Janeiro. 1961. 49 p.

GOMES, R. P. **Forragens fartas na seca.** 2ª ed.. São Paulo: Editora Nobel, 1973. 236 p.

GRAVATÁ, C. E. **Manual da cachaça Artesanal.** Belo Horizonte. 1991. 79p

GROSSI, J. L. S. e FIGUEIREDO A. A. **Elaboração e composição de uma geléia formulada com polpa de vagens de algarobeira (Prosopis juliflora DC).** In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, 2000, Fortaleza. Disponível em: <<http://acd.ufrj.br/algaroba/main.html>> Acesso em: 23 de junho 2002.

GROSSI, J. L. S. **Formulation, compositional and characteristics of the jelly made from mimosina (Prosopis juliflora DC) pods, M.S. thesis.** Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1993. 111p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3ª ed. São Paulo. 1985. v.1. 533p.

LIMA, P.C.F. **Expansão desordenada da algaroba compromete o meio ambiente nordestino.** <http://www.ufpb.br/>.(Agência de notícias da UFPB (AGÊNCIA BRASIL).) acesso em 23 de agosto de 2002

LIMA, U. A. de. **Aguardente; fabricação em pequenas destilarias.** Piracicaba: Editado pela Fundação de Estudos Agrários Luís de Queiroz da ESALQ - USP, 1999. 187 p.

LIMA, U. A. de. **Produção de etanol.** In: LIMA, U. A. de. AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia. Tecnologia das fermentações.** São Paulo: 1975. v.1. cap. 3, p.48-69.

LINS, L. Algaroba, A planta mágica que pode matar a fome do sertanejo. **Jornal do Brasil,** Recife, 10 fev. 1984. Caderno D, p. 6.

MENDES, B. V. Potencialidades de utilização da algarobeira. **Revista de Silvicultura,** Mossoró, RN, v. 37, p.26 – 27, 1984.

NOBRE, F. V.; FERREIRA NETO, I. **Estudo do aproveitamento de solos salinizados com a cultura da algarobeira.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 2, 1987, Mossoró. p.13-184. Coleção Mossoroense. Serie C (Brazil) no. 367.

NOBRE, F. V. , et al. **Algarroba, importante forrageira para o Nordeste** Natal. RN.. 2ª ed. 1982. 41p (EMPARN. boletim técnico, 5).

NOVAIS, F. V. et al. **Tecnologia das aguardentes**. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1971. 138p.

NOVAIS, F. V. ; et. al. **Tecnologia de aguardente de cana**. (I curso de extensão) Piracicaba – SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Usp. 1974. 104 p. (apostila).

PEIXOTO, J.D; RIBEIRO, N.C, Inmetro, Laboratório Nacional de Referencia Vegetal, Ministério da Agricultura, LABV, Rio de Janeiro –RJ, 2p, 1996.

SILVA, S.; AZEVEDO, A. R. de **Algarobeira: perguntas e respostas**. Fortaleza, CE. 1998. 103 p.

SILVA, J. A. da; **Estudo da influência das variáveis nitrogênio, fósforo e brix no rendimento, produtividade e metabólitos secundários contaminantes da fermentação alcoólica em batelada**. 1999. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos , Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 1999.

SIMPSON, B. B. “**Mesquite. Its Biology in two Desert Scrub Ecosiystems**”. Dowden, Hutcerinson and Koss Inc. Smithsonian Institute. Stoudsburg, Pensylvania. U. S. A. 1977.

STUPIELLO, J. P.; MARINO, E. A.; COLISKI, R. **Fermentação**. Publicação COPERSUCAR. 1973.

VALDÍVIA, S. V. **El algaroba, uma espécie florestal prometedora para los trópicos áridos**.Ministério da Agricultura. Peru. 1972. 19p. (Boletim de Divulgação, 32)

VALSECHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar**. Piracicaba. 1960. 116 p.

APÊNDICE A

CÁLCULOS DOS RENDIMENTOS DO EXPERIMENTO 1 AO EXPERIMENTO 7

EXPERIMENTO 01

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:1 e uma pressão de 250kg/cm² e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 0,5 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 0,5 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \text{ Mistura} = 0,5 + 0,5 = 1,0 \text{ kg}$$

Caldo extraído 0,38 litros x 1,0848 litros = 0,42 kg Kg de caldo.

$$\text{Re}\% = \frac{0,42}{1,00} \times 100 = 42\%$$

Rendimento da fermentação:

Teórico:

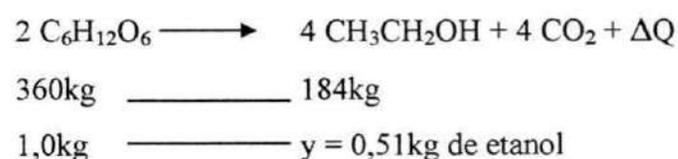
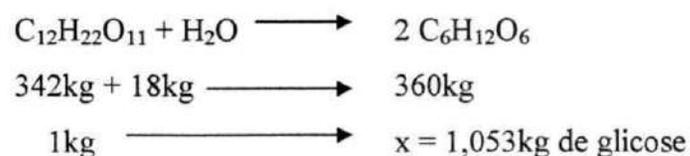
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 12,65%

Glicose = 2,76%

Para cada 100kg de mosto a 21,0 °Brix com 12,65% é C₁₂H₂₂O₁₁ e 2,76% é C₆H₁₂O₆,



$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

1kg de $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow produz 0,639 litros de etanol

2,76 kg de $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow w = 1,76 litros

para sacarose:

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ \longrightarrow 2 $C_6H_{12}O_6$

342kg 18kg \longrightarrow 360kg

1,0kg \longrightarrow x = kg \longrightarrow x = 1,05kg de glicose

2 $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow 4 $CH_3CH_2OH + 4 CO_2 + \Delta Q$

360kg \longrightarrow 184kg 176kg

1,04kg \longrightarrow y = 0,537kg de etanol

densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

1,0 kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ \longrightarrow produz 0,670 litros de etanol

12,76 kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ \longrightarrow z = 8,48 litros de etanol

Portanto considerando 100kg de mosto com 12,65% de sacarose e 2,76% de glicose

Quantidade de etanol = 1,76 litros + 8,48 litros = 10,24 litros

100 kg de mosto \longrightarrow 10,24 litros de etanol

0,616 kg de mosto \longrightarrow X = 0,06 litros de etanol x 2,22 = 0,14 litros de aguardente

Prático

0,616 litros x 8,95°GL x 2,22 = 0,12 litros de aguardente

Rendimento da fermentação (%Rf) = 0,12 litros / 0,14 litros x 100 = 87%

Observação: O rendimento da destilação não foi calculado, tendo em vista a quantidade reduzida de material extraída.

EXPERIMENTO 02

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:2 e uma pressão de 250kg/cm² e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 10 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 20 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \quad \text{Mistura} = 10 + 20 = 30 \text{ kg}$$

Caldo extraído 19,69 litros x 1,0971 = 21,6 Kg de caldo.

$$\text{Re\%} = \frac{21,60}{30,00} \times 100 = 72\%$$

Rendimento da fermentação:

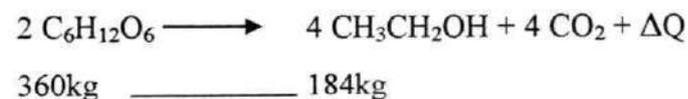
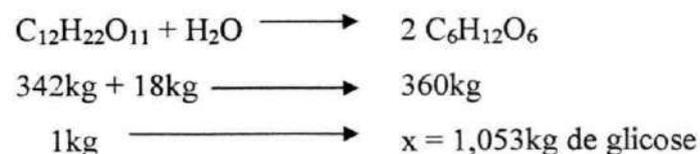
Teórico:

Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Sacarose = 11,18%

Glicose = 2,71%

Para cada 100kg de mosto a 19 °Brix com 11,18% é C₁₂H₂₂O₁₁ e 2,71% é C₆H₁₂O₆, temos que:



1,0kg ————— y = 0,51kg de etanol

$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

1,0 kg de $C_6H_{12}O_6$ —————> produz 0,639 litros de etanol

2,71 kg de $C_6H_{12}O_6$ —————> w = 1,73 litros

para sacarose:



342 kg 18 kg —————> 360 kg

1,0 kg —————> x = kg —————> x = 1,05kg de glicose



360kg ————— 184kg 176kg

1,04kg ————— y = 0,537kg de etanol

densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

1kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ —————> produz 0,670 litros de etanol

11,18 kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ —————> z = 7,49 litros de etanol

Portanto considerando 100 kg de mosto com 11,18% de sacarose e 2,71% de glicose, temos:

Quantidade de etanol = 1,73 litros + 7,49 litros = 9,22 litros

100 kg de mosto —————> 9,22 litros de etanol

24,8 kg de mosto —————> X = 2,29 litros de etanol x 2,22 = 5,08 litros de aguardente (teórico).

Prático

$22,6 \text{ litros} \times 7,35 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 3,69 \text{ litros de aguardente}$

Rendimento da fermentação (%Rf) = $3,69 / 5,08 \times 100 = 72,4\%$

Rendimento da destilação:**teórico:**

$22,6 \text{ litros} \times 7,35 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 3,69 \text{ litros de aguardente}$

Prático:

Volume de aguardente extraída do vinho = 3,44 litros

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = $22,6 - 3,44 = 19,16$ litros de vinhoto.

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = $19,16 \times 0,05\% = 0,09$ litros

Rendimento da destilação (%Rd) = $\frac{\text{Volume de aguardente extraída do vinho} - \text{Volume de aguardente vinhoto}}{\text{Volume de aguardente no vinho}} \times 100 = \frac{3,44 \text{ litros} - 0,2 \text{ litros}}{3,69 \text{ litros}} \times 100 = 87\%$

EXPERIMENTO 03

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:3 e uma pressão de 250kg/cm² e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 9,0 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 27,0 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \quad \text{Mistura} = 9,0 + 27 = 36 \text{ kg}$$

Caldo extraído 25,76 litros x 1,01971 litros = 28,26 Kg de caldo.

$$\text{Re\%} = \frac{28,26}{36,00} \times 100 = 78,5\%$$

Rendimento da fermentação:

Teórico:

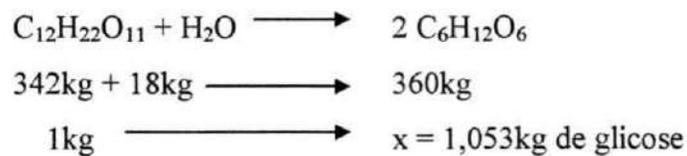
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 8,50%

Glicose = 2,07%

Para cada 100kg de mosto a 14,5°Brix com 8,50% é C₁₂H₂₂O₁₁ e 2,07% é C₆H₁₂O₆, temos que:



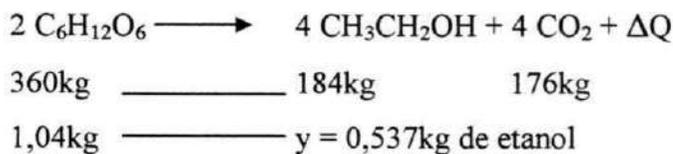
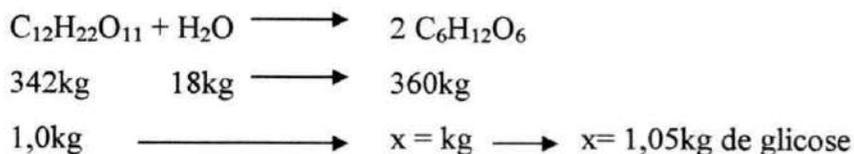
$$\begin{array}{l} 360\text{kg} \quad \text{-----} \quad 184\text{kg} \\ 1,0\text{kg} \quad \text{-----} \quad y = 0,51\text{kg de etanol} \end{array}$$

$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

$$\begin{array}{l} 1\text{kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,639 \text{ litros de etanol} \\ 2,07 \text{ kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad w = 1,32 \text{ litros} \end{array}$$

para sacarose:



densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

$$\begin{array}{l} 1\text{kg } C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,670 \text{ litros de etanol} \\ 8,50 C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad z = 5,70 \text{ litros de etanol} \end{array}$$

Portanto considerando 100kg de mosto com 8,50% de sacarose e 2,07% de glicose, temos:

$$\text{Quantidade de etanol} = 5,70 \text{ litros} + 1,32 \text{ litros} = 7,01 \text{ litros}$$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad 7,01 \text{ litros de etanol} \\ 25,23 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad X = 1,77 \text{ litros de etanol} \times 2,22 = 3,93 \text{ litros de} \\ \text{aguardente} \end{array}$$

$23,00 \text{ litros} \times 5,9 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 3,00 \text{ litros de aguardente}$

Rendimento da fermentação (%Rf) = $3,00 \text{ litros} / 3,93 \text{ litros} \times 100 = 76,3\%$

Rendimento da destilação:

teórico:

$23,00 \text{ litros} \times 5,9 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 3,00 \text{ litros de aguardente}$

Prático:

Volume de aguardente extraída do vinho = 2,31 litros

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = $23,00 \text{ litros} - 2,31 \text{ litros} = 20,69 \text{ litros de vinhoto.}$

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = $20,69 \times 0,01\% = 0,002069 \text{ litros}$

Rendimento da destilação (%Rd) = $\frac{\text{Volume de aguardente extraída do vinho} - \text{Volume de aguardente vinhoto}}{\text{Volume de aguardente no vinho}} = \frac{2,31 \text{ litros} - 0,002069 \text{ litros}}{3,00 \text{ litros}} \times 100 = 75\%$

EXPERIMENTO 04

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:4 e uma pressão de 250kg/cm^2 e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 10 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 40 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \text{ Mistura} = 10 + 40 = 50 \text{ kg}$$

Caldo extraído $34,25 \text{ litros} \times 1,0848 \text{ litros} = 35,963 \text{ Kg de caldo}$.

$$\text{Re\%} = \frac{35,963}{50,00} \times 100 = 71,9\%$$

Rendimento da fermentação:

Teórico:

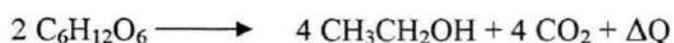
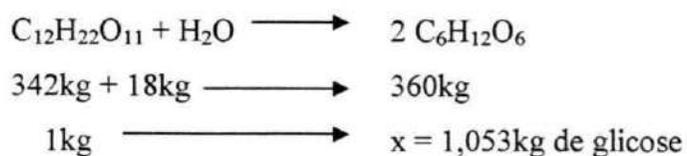
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 5,41%

Glicose = 1,31%

Para cada 100kg de mosto a 9,2 °Brix com 5,41% é $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ e 1,31% é $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, temos que:



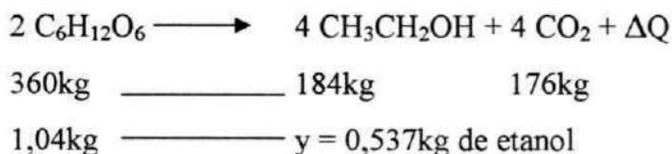
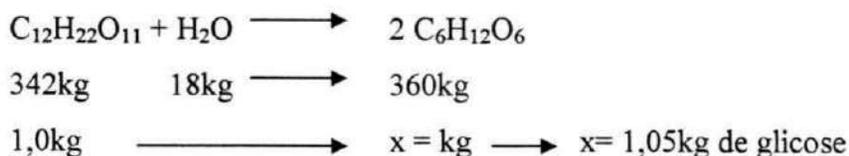
$$\begin{array}{l} 360\text{kg} \quad \text{—————} \quad 184\text{kg} \\ 1,0\text{kg} \quad \text{—————} \quad y = 0,51\text{kg de etanol} \end{array}$$

$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

$$\begin{array}{l} 1\text{kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,639 \text{ litros de etanol} \\ 1,31 \text{ kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad w = 0,84 \text{ litros} \end{array}$$

para sacarose:



densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

$$\begin{array}{l} 1\text{kg } C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,670 \text{ litros de etanol} \\ 5,41 C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad z = 3,62 \text{ litros de etanol} \end{array}$$

Portanto considerando 100kg de mosto com 5,41% de sacarose e 1,31% de glicose, temos:

$$\text{Quantidade de etanol} = 0,84 \text{ litros} + 3,62 \text{ litros} = 4,46 \text{ litros}$$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad 4,46 \text{ litros de etanol} \\ 59,66 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad X = 2,66 \text{ litros de etanol} \times 2,22 = 5,91 \text{ litros de aguardente} \end{array}$$

$$55,00 \text{ litros} \times 3,3 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 4,03 \text{ litros de aguardente}$$

Rendimento da fermentação (%Rf) = 4,03 litros / 5,91 litros x 100 = 68,2%

Rendimento da destilação:

teórico:

55,00 litros x 3,3 °GL x 2,22 = 4,03 litros de aguardente

Prático:

Volume de aguardente extraída do vinho = 2,400 litros

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = 55,00 – 2,400
= 52,60 litros de vinhoto.

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = 52,60 x
0,05% = 0,26 litros

Rendimento da destilação (%Rd) = Volume de aguardente extraída do vinho - Volume de
aguardente vinhoto / Volume de aguardente no vinho = 2,400 litros - 0,2 litros / 4,03 litros
x 100 = 53%

EXPERIMENTO 05

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:2 e uma pressão de 50kg/cm^2 e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 15 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 30 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \quad \text{Mistura} = 15 + 30 = 45 \text{ kg}$$

Caldo extraído $28,33 \text{ litros} \times 1,01971 \text{ litros} = 31,1 \text{ Kg de caldo}$.

$$\text{Re\%} = \frac{31,10}{45,00} \times 100 = 69,1\%$$

Rendimento da fermentação:

Teórico:

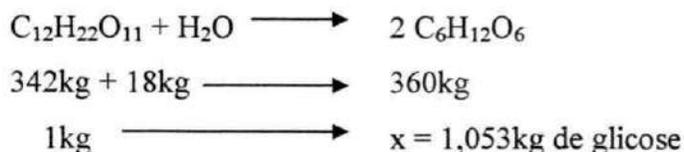
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 11,18%

Glicose = 2,71%

Para cada 100kg de mosto a 19 °Brix com 11,18% é $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ e 2,71% é $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, temos que:



$$\begin{array}{l} 360\text{kg} \quad \text{-----} \quad 184\text{kg} \\ 1,0\text{kg} \quad \text{-----} \quad y = 0,51\text{kg de etanol} \end{array}$$

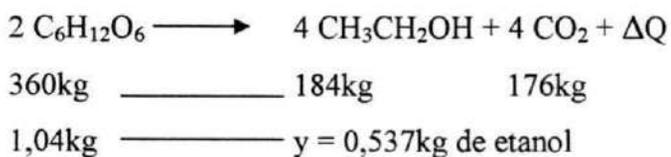
$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

$$\begin{array}{l} 1\text{kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,639 \text{ litros de etanol} \\ 2,71 \text{ kg de } C_6H_{12}O_6 \quad \longrightarrow \quad w = 1,73 \text{ litros} \end{array}$$

para sacarose:

$$\begin{array}{l} C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \quad \longrightarrow \quad 2 C_6H_{12}O_6 \\ 342\text{kg} \quad 18\text{kg} \quad \longrightarrow \quad 360\text{kg} \\ 1,0\text{kg} \quad \longrightarrow \quad x = \text{kg} \quad \longrightarrow \quad x = 1,05\text{kg de glicose} \end{array}$$



densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

$$\begin{array}{l} 1\text{kg } C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad \text{produz } 0,670 \text{ litros de etanol} \\ 11,18 \text{ kg } C_{12}H_{22}O_{11} \quad \longrightarrow \quad z = 7,49 \text{ litros de etanol} \end{array}$$

Portanto considerando 100kg de mosto com 11,18% de sacarose e 2,71% de glicose, temos:

$$\text{Quantidade de etanol} = 1,73 \text{ litros} + 7,49 \text{ litros} = 9,22 \text{ litros}$$

$$\begin{array}{l} 100 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad 9,22 \text{ litros de etanol} \\ 33,59 \text{ kg de mosto} \quad \longrightarrow \quad X = 3,10 \text{ litros de etanol} \times 2,22 = 6,88 \text{ litros de aguardente} \end{array}$$

$$30,61 \text{ litros} \times 7,3 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 4,96 \text{ litros de aguardente}$$

Rendimento da fermentação (%Rf) = 4,96 litros / 6,88 litros x 100 = 72,1%

Rendimento da destilação:

teórico:

30,61 litros x 7,3 °GL x 2,22 = 4,96 litros de aguardente

Prático:

Volume de aguardente extraída do vinho = 4,55 litros

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = 30,61 litros – 4,55 litros = 26,06 litros de vinhoto.

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = 26,06 x 0,01% = 0,03 litros

Rendimento da destilação (%Rd) = Volume de aguardente extraída do vinho - Volume de aguardente vinhoto / Volume de aguardente no vinho = 4,55 litros - 0,03 litros / 4,96 litros x 100 = 91%

EXPERIMENTO 06

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:2 e uma pressão de 50kg/cm² e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 10 \text{ kg de vagem de algaroba} \\ 20 \text{ kg de água} \end{array} \right\} \quad \text{Mistura} = 10 + 20 = 30 \text{ kg}$$

Caldo extraído 19,69 litros x 1,0971 = 21,6 Kg de caldo.

$$\text{Re}\% = \frac{21,60}{30,00} \times 100 = 72\%$$

Rendimento da fermentação:

Teórico:

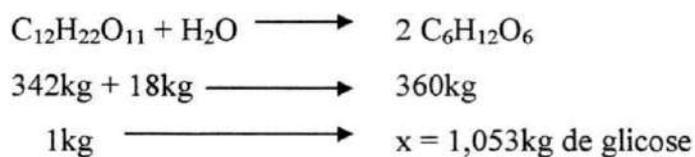
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 11,18%

Glicose = 2,71%

Para cada 100kg de mosto a 19 °Brix com 11,18% é C₁₂H₂₂O₁₁ e 2,71% e C₆H₁₂O₆, temos que:



360kg ————— 184kg
 1,0kg ————— y = 0,51kg de etanol

$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

1kg de $C_6H_{12}O_6$ —————> produz 0,639 litros de etanol
 2,71 kg de $C_6H_{12}O_6$ —————> w = 1,73 litros

para sacarose:

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ —————> 2 $C_6H_{12}O_6$
 342kg 18kg —————> 360kg
 1,0kg —————> x = kg —————> x = 1,05kg de glicose

2 $C_6H_{12}O_6$ —————> 4 $CH_3CH_2OH + 4 CO_2 + \Delta Q$
 360kg ————— 184kg 176kg
 1,04kg ————— y = 0,537kg de etanol

densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

1kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ —————> produz 0,670 litros de etanol
 11,18 $C_{12}H_{22}O_{11}$ —————> z = 7,49 litros de etanol

Portanto considerando 100kg de mosto com 11,18% de sacarose e 2,71% de glicose, temos:

Quantidade de etanol = 1,73 litros + 7,49 litros = 9,22 litros

100 kg de mosto —————> 9,22 litros de etanol
 35,55 kg de mosto —————> X = 3,28 litros de etanol x 2,22 = 7,28 litros de aguardente

32,4 litros x 9,10 °GL x 2,22 = 6,55 litros de aguardente

Rendimento da fermentação (%Rf) = $6,55 / 7,28 \times 100 = 90,0\%$

Rendimento da destilação:

teórico:

$32,4 \text{ litros} \times 9,10 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 6,55 \text{ litros de aguardente}$

Prático:

Volume de aguardente extraída do vinho = 5,459 litros

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = $22,6 - 3,44 = 19,16$ litros de vinhoto.

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = $19,16 \times 0,05\% = 0,09$ litros

Rendimento da destilação (%Rd) = $\text{Volume de aguardente extraída do vinho} - \text{Volume de aguardente vinhoto} / \text{Volume de aguardente no vinho} = 5,459 \text{ litros} - 0,2 \text{ litros} / 6,55 \text{ litros} \times 100 = 80,3\%$

EXPERIMENTO 07

Rendimento da extração:

Trabalhou-se com uma diluição 1:2 e uma pressão de 50kg/cm² e temperatura ambiente.

$$\left. \begin{array}{l} 15\text{kg de algaroba} \\ 30\text{kg de água} \end{array} \right\} \quad \text{Mistura} = 15 + 30 = 45\text{kg}$$

Caldo extraído 30 litros x 1,097 = 32,91Kg de caldo

$$\text{Re}\% = \frac{32,91}{45} \times 100 = 73,10\%$$

Rendimento da fermentação:

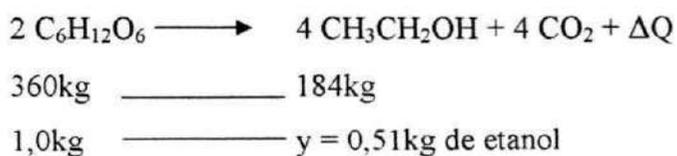
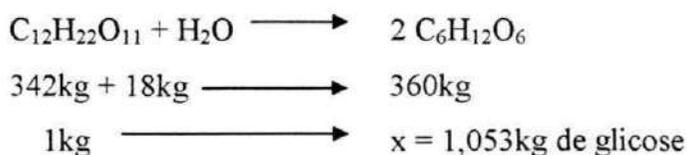
Quantidade teórica de álcool etílico que poderíamos obter se todo o açúcar da vagem fosse transformado em álcool.

Dados:

Sacarose = 12,80%

Glicose = 2,28%

Para cada 100kg de mosto a 16 °Brix com 12,80% é C₁₂H₂₂O₁₁ e 2,28% é C₆H₁₂O₆, temos que:



$$\text{Volume de etanol} = \frac{0,51}{0,7985} = 0,639 \text{ litros de etanol}$$

para a glicose:

1kg de $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow produz 0,639 litros de etanol

2,28 kg de $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow w = 1,46 litros

para sacarose:

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ \longrightarrow 2 $C_6H_{12}O_6$

342kg 18kg \longrightarrow 360kg

1,0kg \longrightarrow x = kg \longrightarrow x = 1,05kg de glicose

2 $C_6H_{12}O_6$ \longrightarrow 4 $CH_3CH_2OH + 4 CO_2 + \Delta Q$

360kg 184kg 176kg

1,04kg \longrightarrow y = 0,537kg de etanol

densidade do etanol = 0,7985 kg/l

Portanto equivale a 0,673 litros de etanol

1kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ \longrightarrow produz 0,670 litros de etanol

12,80 $C_{12}H_{22}O_{11}$ \longrightarrow z = 8,58 litros de etanol

Portanto considerando 100kg de mosto com 12,80% de sacarose e 2,28% de glicose, temos:

Quantidade de etanol = 1,46 litros + 8,58 litros = 10,04 litros

100 kg de mosto \longrightarrow 10,04 litros de etanol

68,57 kg de mosto \longrightarrow X = 6,88 litros de etanol x 2,22 = 15,28 litros de aguardente

62,5 litros x 10,5 °GL x 2,22 = 14,57 litros de aguardente

Rendimento da fermentação (%Rf) = $14,57 / 15,28 \times 100 = 95,4\%$

Rendimento da destilação:

teórico:

$62,5 \text{ litros} \times 10,5 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 14,57 \text{ litros de aguardente}$

Prático:

$56,25 \text{ litros} \times 10,5 \text{ }^\circ\text{GL} \times 2,22 = 13,10 \text{ litros de aguardente}$

Volume de aguardente extraída do vinho a $45^\circ = 8,340 \text{ litros}$

Volume de vinhoto = Volume de vinho – Volume de aguardente extraída = $62,50 - 8,340$
= $54,16 \text{ litros de vinhoto}$.

Volume de álcool no vinhoto = Volume de vinhoto x Grau alcoólico do vinhoto = $54,16 \times 0,05\% = 0,27 \text{ litros}$

Rendimento da destilação (%Rd) = $\text{Volume de aguardente extraída do vinho} - \text{Volume de aguardente vinhoto} / \text{Volume de aguardente no vinho} = 8,340 \text{ litros} - 0,27 \text{ litros} / 13,10 \text{ litros} \times 100 = 61,6\%$

APÊNDICE B

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COBRE

O teor de cobre na aguardente bidestilada foi determinado por análise de absorção atômica utilizando-se um espectrofotômetro de absorção atômica por chama do tipo GBC 9008AA.

TÉCNICA

Material

- Beckeres
- Pipetas volumétricas
- Manta aquecedora
- Balões volumétricos
- Bandeja com areia

Procedimento:

Mediu-se em Beckeres de 100 ml, duas alíquotas 50 e 100 ml da amostra respectivamente, colocou-se em bandeja com areia, deixou-se evaporar totalmente na placa aquecedora. Após a evaporação, o resíduo foi diluído para 10 e 25 ml respectivamente e feita a leitura direta através do espectro de absorção atômica.

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL

Acidez total:

Material

Pipeta de 10 ml, frasco Erlenmeyer de 300 ml, proveta de 100 ml, bureta de 25 ml.

Reagentes

Solução alcoólica de fenolftaleína a 1%

Solução de hidróxido de sódio 0,1 N

Procedimento – Transfira, com auxílio de uma pipeta, 10 ml da amostra para um Erlenmeyer de 300 ml, Adicione 80 ml de água previamente neutralizada. Agite. Adicione 2 ml do indicador fenolftaleína. Titule com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, até coloração rósea.

Cálculo

$$\frac{V \times f \times 10}{A} = \text{Acidez em solução normal por cento v/v}$$

V = nº de ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N

A = nº de ml da amostra

Dados:

0,4 = ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

99,32 = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N

10 = ml da amostra

$$\frac{0,4 \times 0,9932 \times 10}{10} = 0,3728 \times 60,05 = \mathbf{22,39\%} \text{ (em ácido acético)}$$

Acidez fixa:

Material

Pipeta de 25 ml, cápsula de porcelana de 100 ml, frasco Erlenmeyer de 300 ml, proveta de 100 ml, bureta de 25 ml.

Reagentes

Álcool neutro

Solução alcoólica de fenolftaleína a 1%

Solução de hidróxido de sódio 0,1 N

Procedimento – Transfira, com auxílio de uma pipeta, 25 ml da amostra para uma cápsula de porcelana de 100 ml. Evapore em banho Maria até a secagem. Aqueça em estufa 100 °C, por 1 hora. Dissolva e transfira o resíduo para uma para um Erlenmeyer de 500 ml, com auxílio de 50 ml de álcool etílico neutro, de grau igual ao da amostra. Adicione 100 ml de água previamente neutralizada. Adicione 2 ml de 2 ml do indicador fenolftaleína. Titule com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, até coloração rósea.

Cálculo

$$\frac{V \times f \times 10}{A} = \text{Acidez fixa em solução normal por cento v/v}$$

V = nº de ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N

A = nº de ml da amostra

Dados:

0,5 = nº de ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação

0,9932 = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N

25 ml = nº de ml da amostra

$$\frac{0,5 \times 0,9932 \times 10}{25} = 0,1986 \times 60,05 = \mathbf{11,93\%} \text{ (em ácido acético)}$$

Acidez volátil = Acidez total – Acidez fixa

Acidez volátil = 22,39% - 11,93% = **10,46** (em ácido acético)

AÇÚCARES

A determinação dos açúcares redutores, não redutores e totais, seguiu metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em percentagens de glicose (v/p). O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares totais e redutores e o resultado foi expresso em percentagem de sacarose (v/p).

Resultados das análises de açúcares redutores, açúcares redutores totais, açúcares fermentescíveis e sacarose.

BRIX	SACAROSE	AR	ART	INFERM
21	12,65	2,76	15,41	0,50
21	12,51	2,71	15,22	0,49
21	12,45	2,74	15,19	0,49
19°	11,05	2,70	14,31	0,43
19°	11,31	2,72	14,60	0,43
21°	12,71	2,80	16,15	0,42
Média	12,54	2,74	15,27	1,48