



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

**QUALIDADE DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES
NATIVAS PARA O ENVELHECIMENTO CACHAÇA**

CATARINA GAMA CATÃO

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg.10293/12

**mpina Grande
Paraíba**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**QUALIDADE DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS PARA O
ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA**

Dis
631(043.3)
C 366q
ex. 01

CATARINA GAMA CATÃO



CAMPINA GRANDE
PARAÍBA – BRASIL
JULHO – 2009

CATARINA GAMA CATÃO

**QUALIDADE DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS PARA O
ENVELHECIMENTO DA CACHAÇA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Construções Rurais e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes

**CAMPINA GRANDE
PARAÍBA – BRASIL
JULHO – 2009**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C357q
2009

Catão, Catarina Gama.

Qualidade da madeira de cinco espécies nativas para o
envelhecimento da cachaça / Catarina Gama Catão. — Campina
Grande, 2009..
60 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos
Naturais.

Referências.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes.

1. Armazenamento. 2. Características Físico-Químicas. 3.
Características Organolépticas. I. Título.

CDU – 631.563.9(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

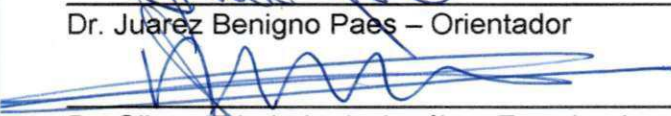
CATARINA GAMA CATÃO

**AValiação DA QUALIDADE DA MADEIRA DE CINCO ESPÉCIES NATIVAS PARA O
ENVELHECIMENTO DE CACHAÇA**

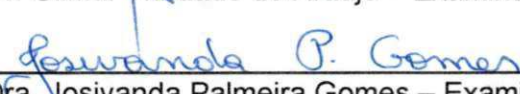
BANCA EXAMINADORA



Dr. Juarez Benigno Paes – Orientador



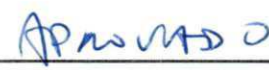
Dr. Gilmar Trindade de Araújo – Examinador



Dra. Josivanda Palmeira Gomes – Examinadora

PARECER







JULHO - 2009

A Sofia.
Carinhosamente dedico.

1970

AGRADECIMENTOS

A meus pais Eusa e Nivaldo, pelo amor, educação, confiança e dedicação.

Bruno e Daniela, por me divertirem sempre.

Manuela, pela amizade presente em todos os momentos.

Pergentino, por toda paciência e apoio.

Ao Professor Juarez Paes, pelo suporte e por se dispor a me orientar nesta dissertação apesar de todas as dificuldades “criadas” por mim, em nome da distância e dos compromissos do trabalho.

Aos amigos espirituais, que me auxiliam a cada passo.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade em realizar o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Área de Construções Rurais e Ambiente.

À Cachaça Indiazinha, pelo apoio, fornecendo-me as bebidas para os experimentos.

Ao Laboratório Microbietec Save, pelos serviços.

À professora Josivanda, pela receptividade e disponibilidade, desde o primeiro dia em que me iniciei nesta pós-graduação.

BIOGRAFIA

CATARINA GAMA CATÃO, filha de Eusa Maria da Gama Catão e Nivaldo Torres Catão, nasceu em 25 de setembro de 1984, na cidade de Campina Grande , PB.

Em 2006 concluiu o Curso de Desenho Industrial, na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande , PB.

Desde 2006 trabalha em sua área, exercendo a profissão de designer, atuando recentemente como Gerente de Produção na Empresa Dot Paper, Brasília , DF.

Em 2007 iniciou a Pós-Graduação em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Campina Grande, Área de Construções Rurais e Ambiente, tendo defendido sua Dissertação em 31 de julho de 2009.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Breve história da cachaça	4
2.2. Legislação brasileira de padronização e classificação de bebidas	4
2.3. Consumo da cachaça no Brasil e no mercado internacional	6
2.4. Matérias-primas e produção de cachaça	8
2.5. Componentes secundários presentes na cachaça	10
2.6. Processo produtivo da cachaça	11
2.6.1. Moagem e preparo do caldo para fabricação de cachaça	12
2.6.2. Processo de fermentação do caldo	12
2.6.3. Destilação do caldo fermentado	13
2.6.4. Processo de envelhecimento e seu efeito na qualidade da cachaça	15
2.7. Componentes da madeira, importantes no envelhecimento da cachaça	17
2.8. Fabricação de barris para envelhecimento da cachaça	19
2.9. Características das madeiras utilizadas para o envelhecimento da cachaça	21
2.9.1 Madeira de amburana (<i>Amburana cearencis</i>)	21
2.9.2 Madeira de bálsamo (<i>Myroxylon peruiferum</i>)	23
2.9.3 Madeira de ipê-amarelo (<i>Tabebuia chrysotricha</i>)	24
2.9.4 Madeira de jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>)	25
2.9.5 Madeira de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i>)	27
2.9.6 Madeira de carvalho (<i>Quercus</i> sp.)	28

3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Características e procedência da cachaça empregada	30
3.2. Madeiras utilizadas no envelhecimento da cachaça	31
3.3. Confeção e características dos barris utilizados	31
3.4. Armazenamento, envelhecimento e amostragem da cachaça	32
3.5. Características físico-químicas das cachaças	33
3.5.1 Acidez total, fixa e volátil da cachaça	33
3.5.2 Teor de álcool metílico na cachaça	34
3.5.3 Teor de álcool superior na cachaça	35
3.5.4 Teor de aldeídos na cachaça	36
3.5.5 Teor de cobre na cachaça	37
3.5.6 Teor de ésteres na cachaça	38
3.5.7 Teor de extrato seco da cachaça	38
3.5.8 Teor de furfural na cachaça	39
3.5.9 Grau alcoólico real da cachaça	39
3.6. Características organolépticas da cachaça	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Características físico-químicas das cachaças	41
4.2. Análises organolépticas ou sensoriais das cachaças envelhecidas	47
4.2.1 Preferência quanto ao aroma da cachaça	47
4.2.3 Preferência quanto à cor da cachaça	48
4.2.3 Preferência quanto ao sabor da cachaça	49
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	59
Anexo A – Análise organoléptica (sensorial) da cachaça	60

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Distribuição da produção de cachaça por estado	9
Figura 2	Cana sendo conduzida para a moenda	12
Figura 3	Caldo em processo de fermentação	13
Figura 4	Alambiques empregados na destilação da cachaça	14
Figura 5	Máquina para engarrafamento da cachaça	15
Figura 6	Produção de barris para armazenamento da cachaça	19
Figura 7	Secagem e armazenamento das ripas de madeira	20
Figura 8	Partes componentes de um barril horizontal	21
Figura 9	Árvore de amburana (<i>Amburana cearensis</i>)	22
Figura 10	Árvore de bálsamo (<i>Myroxylon peruiferum</i>)	23
Figura 11	Árvore de Ipê-amarelo (<i>Tabebuia chrysotricha</i>)	25
Figura 12	Árvore de Jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>).	26
Figura 13	Árvore de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i>)	27
Figura 14	Árvore de carvalho (<i>Quercus</i> sp.)	29
Figura 15	Localização do Município de Salinas, norte do Estado de Minas Gerais	30
Figura 16	Preferência dos consumidores questionados quanto ao aroma da cachaça	48
Figura 17	Preferência dos consumidores questionados quanto à coloração da cachaça	49
Figura 18	Preferência dos consumidores questionados quanto ao sabor da cachaça	50

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Características físicas e químicas para a cachaça, estabelecidas pela legislação brasileira	5
Tabela 2	Principais países importadores de cachaça	7
Tabela 3	Propriedades físicas da madeira de amburana (<i>Amburana cearensis</i>)	22
Tabela 4	Propriedades físicas da madeira de bálsamo (<i>Myroxylon peruiferum</i>)	24
Tabela 5	Propriedades físicas da madeira de ipê-amarelo (<i>Tabebuia chrysotricha</i>)	25
Tabela 6	Propriedades físicas da madeira de jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i>)	26
Tabela 7	Propriedades físicas da madeira de jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i>)	28
Tabela 8	Distribuição da cachaça nos recipientes de armazenamento	32
Tabela 9	Valores médios dos parâmetros analisados após dois meses de armazenamento	42
Tabela 10	Valores médios dos parâmetros analisados após quatro meses de armazenamento	43
Tabela 11	Valores médios dos parâmetros analisados após seis meses de armazenamento	44
Tabela 12	Comparação dos dados após seis meses do armazenamento meses com a Instrução Normativa nº.13, de 30 de junho de 2005	46

RESUMO

Esta pesquisa propôs como objetivos, avaliar a qualidade das madeiras de amburana (*Amburana cearencis* (Fr. Allem.) A.C. Sm.), bálsamo (*Myroxylon peruiferum* L.f.); ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.); jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) e jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) no armazenamento de cachaças; comparar as cachaças com a armazenada em barril de carvalho (*Quercus sp.*), analisar o efeito do envelhecimento e comparar os valores obtidos com os padronizados pela Legislação Brasileira. Para tanto, as cachaças foram armazenadas em barris de madeira e em recipiente de vidro, durante dois, quatro e seis meses e analisadas suas características físico-químicas (acidez volátil, álcool metílico, álcool superior, aldeído, cobre, éster, extrato secado a 100° C, furfural e grau alcoólico) e organolépticas (cor, sabor e aroma). Após seis meses de armazenamento as cachaças foram comparadas com os valores padronizados. Independente da espécie, a madeira melhora as qualidades sensoriais da cachaça incorporando, à bebida, gosto, cor e sabor peculiar. A cachaça armazenada em barris de bálsamo se assimilou, quanto às características físico-químicas, com a armazenada em barris de carvalho. Após os seis meses de armazenamento nos barris de madeira as cachaças apresentaram maiores concentrações de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural, álcoois superiores, congêneres e extrato seco. As concentrações de etanol e de metanol não se alteraram e o teor de cobre apresentou ligeiro declínio com o tempo de armazenamento. As características sensoriais das cachaças melhoraram com o tempo de envelhecimento e aquelas armazenadas nas madeiras de amburana e bálsamo foram as preferidas em função de suas características organolépticas. Todas as cachaças avaliadas continuaram dentro dos padrões de qualidade, estabelecidos pela Legislação Brasileira.

Palavras-chave: armazenamento, características físico-químicas, características organolépticas

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the wood quality of *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Sm., *Myroxylon peruiferum* L.f.; *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.; *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. and *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze in the storage of cachaças; to compare the studied “cachaças” with the stored one in barrel of oak (*Quercus* sp.), to analyze the effect of the aging and to compare the values gotten with the standardized ones for the Brazilian Legislation. Thus, the “cachaças” had been stored in barrels wooden and glass container during two, four and six months and analyzed the physical-chemistry characteristics (volatile acidity, methylic alcohol, superior alcohol, aldehyde, cupper, ester, dry extract to 100° C, furfural contents and alcoholic degree) and organoleptic characteristics (color, flavor and aroma). After six months of storage of “cachaças” were compared with the standardized values by Brazilian Legislation. Independent of the species, the wood improves the sensorial qualities of “cachaça”, incorporating the drink taste, color and peculiar flavor. The “cachaça” stored in barrels of *Myroxylon peruiferum* was assimilating, how much to the physical-chemistry characteristics, with the stored one in barrels of oak. After the six months of storage in the barrels wooden, the “cachaças” had presented greater concentrations of volatile acidity, esters, aldehydes, furfural, alcohol, congeners and dry extract. The concentrations of etanol and methanol had not gotten excited and the cupper content presented fast decline with the storage time. The sensorial characteristics of “cachaças” had improved with aging time and those stored in wood of *Amburana cearensis* and *Myroxylon peruiferum* had been the preferred ones in function of its organoleptics characteristics. All “cachaças” evaluated had continued inside of the standards of quality established Brazilian Legislation.

Keywords: storage, physical-chemistry characteristics, organoleptics characteristics

1 INTRODUÇÃO

Produzida praticamente em todo o Brasil, a cachaça, bebida genuinamente nacional é, atualmente, a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e a primeira no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS - ABRABE, 2005).

Os cuidados com a produção da cachaça devem iniciar desde a colheita da cana até a destilação, pois de um processo bem conduzido se obtém um produto que atenda às especificações legais; no entanto, mesmo assim, a bebida permanece sensorialmente passível de rejeição, em função da presença de substâncias de odor e sabores desagradáveis, em decorrência da falta de tempo necessário para descanso. Deste modo, o contato da cachaça com a madeira e um período de envelhecimento são práticas extremamente importantes, visto que a bebida envelhecida apresenta melhor aroma e sabor.

Durante o envelhecimento ocorrem reações químicas que geram ácidos e aldeídos aromáticos, cor e leve decréscimo no teor alcoólico. A madeira dos tonéis contribui qualitativa e quantitativamente com substâncias adicionadas à bebida, variando de acordo com o tipo de madeira e as substâncias químicas nelas contidas, tornando a cachaça mais suave e agradável, diferente do produto recém-destilado, que apresenta gosto ardente e seco.

Os resultados de vários estudos sensoriais demonstram que cachaças envelhecidas são preferidas pelos consumidores, quando comparadas com cachaças comerciais não-envelhecidas e mesmo das comerciais envelhecidas que podem, ainda, receber uma parte de aguardente não envelhecida e também ter correção da cor por meio da adição de corante e caramelo, conforme permite a Legislação Brasileira (CARDELLO & FARIA, 2000).

Assim, o processo de envelhecimento em barris de madeira é uma das etapas mais significativas do processo, para agregação de valor e qualidade sensorial à cachaça. No Brasil colonial, por influência do conhaque, uísque e vinho, os produtores de cachaça passaram a utilizar a madeira de carvalho (*Quercus* sp.) para envelhecer a bebida permanecendo, até hoje, a tradição da utilização madeira de carvalho, sendo utilizados barris previamente usados em países como Estados Unidos e Escócia, em função do aroma e do sabor legados pela madeira à cachaça.

A necessidade do envelhecimento surge, uma vez que a cachaça vem sendo aceita e consumida por todas as classes da população brasileira, tornando-se uma das bebidas destiladas mais consumidas atualmente no Brasil e no exterior. Segundo Moraes (2001), em alguns países, como Alemanha, Itália e França, Estados Unidos e Japão, a cachaça é bastante apreciada, principalmente sob a forma de coquetel, com destaque para a “caipirinha”.

Apesar do aumento do consumo, da exportação e, conseqüentemente da produção da cachaça, a cadeia produtiva no País não é tecnologicamente homogênea, carecendo de estudos e aprimoramentos, a fim de ampliar a conquista e afirmação no mercado internacional. Outro fator que merece destaque está ligado aos barris de carvalho reutilizados, oriundos de outros países os quais, além de terem alto custo, deixam de lado a utilização da rica flora brasileira, o que deixaria a bebida mais peculiar, característica e com valor agregado totalmente nacional.

Existe um aumento de mercado da cachaça e procura por bebidas cada vez mais requintadas com sabores, cores e aromas peculiares. O Brasil, grande produtor do destilado, possui uma vasta flora, com grande variedade de espécies de madeira com viabilidade de uso para a confecção de barris visando ao envelhecimento de cachaça, que deve ser estudada e explorada como fator contribuinte para a melhora deste nicho de mercado nacional.

Algumas espécies da flora brasileira já passaram por estudos observado-se a composição química e os aspectos físicos da madeira, tornando-as uma possibilidade para uso no armazenamento (envelhecimento) da cachaça. No entanto, são necessários estudos mais aprofundados a fim de que se encontrem madeiras com composição de extratos capaz de conferir boa qualidade à bebida (CAMPOS & CASIMIRO, 2000).

Assim, a presente pesquisa teve os seguintes objetivos:

- Avaliar a qualidade das madeiras de amburana (*Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Sm.), bálsamo (*Myroxylon peruiferum* L.f.); ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.); jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) e jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) no armazenamento de cachaças;
- Comparar as cachaças armazenadas em barris confeccionados com as madeiras estudadas com a armazenada em barril de carvalho (*Quercus* sp.), quanto às suas características físico-químicas (acidez volátil, álcool metílico, álcool superior, aldeído, cobre, éster, extrato secado a 100° C, furfural e grau alcoólico) e organolépticas (cor, sabor e aroma);
- Analisar o efeito do envelhecimento ao se comparar as qualidades das cachaças armazenadas em barris de madeira com a bebida armazenada em recipiente de vidros e

- Comparar os valores obtidos das análises físico-químicas das cachaças envelhecidas com os valores padronizados pela Legislação Brasileira, para avaliar a qualidade da cachaça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve história da cachaça

A cachaça é uma bebida produzida a partir da fermentação e destilação do melaço proveniente da cana-de-açúcar. Foi descoberta pelos escravos dos engenhos em meados do século XVI, considerada bebida de baixo “status” perante a sociedade em razão de ser consumida pelos cativos. Com o crescimento e aprimoramento da produção notou-se a procura de outras classes sociais para o consumo tornando, assim a bebida mais importante economicamente, no Brasil Colônia (LIMA, 1983).

Naquele tempo, Portugal tentou a proibição da produção e do consumo da cachaça, pois estava comprometendo o comércio da “bagaceira”, bebida portuguesa. Como na prática não se conseguiu acabar com o consumo da bebida, em meados do século XVIII, mesmo tendo a Corte Portuguesa decidido taxar a venda da cachaça, seu consumo continuou alto e a mesma se tornou símbolo de resistência contra a dominação portuguesa (GRAVATÁ & GONÇALVES, 1991).

Quando o produto nacional começa a ganhar força entre todas as classes sociais, alguns setores da elite e da classe média do século XIX e início do XX iniciam um processo de preconceito contra a cachaça, uma vez que eles buscavam uma identidade mais próxima da européia e somente durante a Semana de Arte Moderna em 1922, quando se buscaram as raízes brasileiras, é que a cachaça voltou a ser considerada símbolo da cultura nacional e contra a adoção da cultura européia. Desde então, é reconhecida a mais brasileira das bebidas e famosa em todo o mundo (GRAVATÁ & GONÇALVES, 1991).

2.2 Legislação brasileira de padronização e classificação de bebidas

Para que o produto receba a denominação de cachaça, deve obedecer aos parâmetros estabelecidos pelo Decreto nº 2314, de 4 de setembro de 1997, que regulamenta a padronização e a classificação de bebidas. Nele, cachaça é definida como bebida que utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima e com graduação alcoólica entre 38 e 48% em volume, a 20 °C, obtida de destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ou pela destilação do mosto fermentado, podendo ainda ser acrescida de açúcar em até 6 g/L ou superior a 6 e inferior a 30 g/L, sendo

chamada cachaça adoçada, informa a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação – ABIA (1993).

A legislação também a define, como cachaça envelhecida se, do volume engarrafado, contiver pelo menos 50% de aguardente envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 litros, por um período mínimo de um ano, podendo ser adicionado caramelo, para correção de cor (BRASIL, 1997).

A cachaça está submetida à Legislação Nacional (BRASIL, 1974), de responsabilidade do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAAb), atual Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece os padrões de identidade e de qualidade aos quais a bebida deve atender (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas para a cachaça, estabelecidas pela Legislação Brasileira (BRASIL, 1974)

Componente	Unidade	Limite	
		Mínimo	Máximo
Graduação alcoólica	% volume de álcool etílico a 20°C	38	48
Sacarose	g/L	6,0	30,0
Acidez volátil, em ácido acético	mg/100mL álcool anidro	-	150
Ésteres, em acetato de etila	mg/100mL álcool anidro	-	200
Aldeídos, em aldeído acético	mg/100mL álcool anidro	-	30
Furfural	mg/100mL álcool anidro	-	5
Álcoois superiores	mg/100mL álcool anidro	-	300
Congêneres*	mg/100mL álcool anidro	200	650
Álcool metílico	mg/100mL álcool anidro	-	200
Cobre	mg/L	-	5,0
Extrato seco**	g/L	-	6,0
Partículas em suspensão	-	ausentes	ausentes

* Congêneres = (acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural + álcoois superiores). ** aguardente de cana adoçada (máximo de 30 g/L)

Esses padrões e seus respectivos limites têm a finalidade de moderar a influência de cada um desses componentes na proteção à saúde pública e na qualidade da bebida,

não significando, entretanto, que a cachaça que ali se enquadre possa ser considerada um produto de qualidade sensorial superior.

2.3 Consumo da cachaça no Brasil e no mercado internacional

O mercado de bebidas destiladas no Brasil e no mundo, é formado por tradições centenárias, envolvendo pequenas empresas familiares, destilarias de grande porte, companhias globais que atendem a centenas de países, distribuidores independentes, exportadores e importadores. O setor se encontra em expansão, oferecendo trabalho e riqueza na indústria, correspondendo a 60 mil empregos diretos e outros 240 mil indiretos (BOZA & OETERRER, 1999).

A aguardente de cana é a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e a primeira no Brasil. Segundo o Programa de Desenvolvimento da Aguardente de Cana, Caninha e Cachaça (PBDAC), a produção fica em torno de 1,3 bilhões de litros por ano, sendo cerca de 75% desse total proveniente da fabricação industrial e 25% da forma artesanal (GUAJUME, 2009).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE, 2005) existem atualmente mais de 5 mil marcas registradas e cerca de 30 mil produtores, em todo o País. Segundo Moraes (2001), 70% da cachaça são consumidos puros no Brasil. As exportações representam apenas de 1% da produção total (LÓPEZ, 2003) tendo, como principal país importador, a Alemanha (Tabela 2).

A cachaça foi um dos produtos que mais investiram em controle de qualidade e “marketing” para mudar de “status”, prospectar o mercado internacional e sepultar, de vez, o preconceito que ameaçava a bebida. As empresas tornaram as garrafas e os rótulos mais sofisticados, detalhes que surtiram efeito na estratégia de internacionalização do produto, crescendo as exportações, em média de 10% ao ano. Em 2003 a exportação foi de 5,2 milhões de litros e, em 2004, aumentou para 10,2 milhões (BRASIL, 2005).

O preço do produto e a forma de comercialização também são diferentes. A cachaça industrial é vendida em torno de R\$ 0,70 o litro na destilaria e é comercializada em larga escala, tanto no mercado interno quanto no externo; já a artesanal consegue o valor de, no mínimo, R\$ 1,30 por litro e, dependendo da forma como é comercializada, pode variar, em média, de R\$ 4,50 a R\$ 6,00 por litro - assim informam dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (2007).

Tabela 2. Principais países importadores da cachaça

País Importador	US\$	Participação (%)
Alemanha	1.729.531	23,38
Paraguai	1.711.028	23,13
Itália	693.939	9,38
Uruguai	677.291	9,15
Portugal	427.965	5,78
Bolívia	346.569	4,68
Chile	344.810	4,66
Equador	244.944	3,31
Espanha	219.498	2,97
EUA	204.153	2,76
Bélgica	160.812	2,17
Japão	140.840	1,90
França	110.340	1,49
Holanda	82.588	1,12
Áustria	79.783	1,08
Suíça	58.222	0,79
Argentina	47.819	0,65
Reino Unido	47.819	0,55
Panamá	40.976	0,22
Peru	16.637	0,18
Porto Rico	16.604	0,18
Venezuela	13.194	0,15
Canadá	11.440	0,19
Outros	8.109	0,12
Total	7.434.911	100,00

Fonte: Rodrigues et al. (2006). Cotação do dólar em 10 de julho de 2009, R\$ 2,0147

Em lojas especializadas, a cachaça artesanal é vendida a preços elevados, dependendo da marca, podendo ultrapassar o valor de R\$ 500,00 por uma garrafa de 700 mililitros. O valor agregado na produção artesanal é elevado, considerando-se que o

consumidor adquire um produto praticamente exclusivo - é o que informa o Instituto Brasileiro de Cachaça, IBRAC (2009).

Outra forma de agregação de valor ao produto são os certificados de qualidade e socioambientais, como o orgânico e/ou o de indicação geográfica. A cachaça produzida em Paraty, no Estado do Rio de Janeiro, foi a primeira a conseguir o certificado de indicação geográfica como denominação de origem (ABRABE, 1997).

Em termos de exportação, o preço varia entre US\$ 1,00 a US\$ 2,50 o litro, o qual é vendido no mercado internacional por cerca de US\$ 24,00 por litro. Segundo estimativas do Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Cachaça (PBDAC), espera-se que as exportações cheguem a 100 milhões de litros em dez anos, pois a qualidade da cachaça brasileira vem melhorando a cada safra e conquistando cada vez mais consumidores estrangeiros, sobretudo os europeus (GUAJUME, 2009).

Em momentos nos quais se ouve falar muito sobre a crise mundial, a exportação da cachaça está sendo uma alternativa para os empresários do ramo, já que a quantidade de impostos a serem pagos no mercado externo é menor que no interno (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, 2009). Para o Instituto Brasileiro da Cachaça, as exportações do produto em 2009 devem permanecer estáveis, tendendo a um leve crescimento, contrariando os outros nichos de mercado, sendo apontado como um bom ramo para investimento (MENEGOTTO, 2009).

2.4 Matérias-primas e produção de cachaça

A cachaça é um destilado feito à base de cana-de-açúcar, leveduras e água. Seu processo de fabricação se inicia com a moagem da cana, produzindo um caldo ao qual se adiciona água, resultando no mosto. Sob o efeito das leveduras o mosto entra em processo de fermentação. Depois da decantação, na qual se separam as borras, processa-se a destilação em um alambique (MUTTON & MUTTON, 1992).

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), matéria-prima, é cultivada no Brasil em uma área de aproximadamente 5 milhões de hectares, sendo São Paulo o maior produtor (ANDRADE, 2001). A produtividade média do País gira em torno de 74 t/ha (Formação Numérica de Produtividade - FNP, 2006). Fatores como planejamento agrícola, controle de pragas e doenças, maturação, colheita, carregamento e transporte, são também responsáveis pela melhoria da qualidade da matéria-prima recebida pelas indústrias (YOKOYA, 1995).

Segundo Lima (2001), quanto mais madura a cana mais o caldo é rico em açúcares. Nas canas maduras o teor de açúcares redutores é de 1% e o de sacarose em torno de 14%. As canas não devem ser colhidas com menos de 14% de açúcares (18 °Brix).

A safra de cana-de-açúcar de 2007/2008, foi de 423,8 milhões de toneladas, prevendo-se a safra de 2013/2014 para 547 milhões, permanecendo concentradas na Região Centro-Sul, segundo estimativas da FNP (2008).

Praticamente, todos os estados brasileiros, mesmo aqueles nos quais o cultivo da cana-de-açúcar não é favorável, produzem cachaça, tendo como maiores produtores São Paulo (45%), Pernambuco (12%), Ceará (11%), Rio de Janeiro (8%), Goiás (8%), Minas Gerais (8%), Paraná (4%), Paraíba (2%) e Bahia (2%), sendo os três primeiros responsáveis por quase toda a produção da cachaça industrial (Figura 1).

A produção de cachaça artesanal, ou de alambique, está concentrada nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia e São Paulo, situando-se os estados mineiro e fluminense como responsáveis por 50% de toda a produção do Brasil (MARTINELLI et al., 2004).

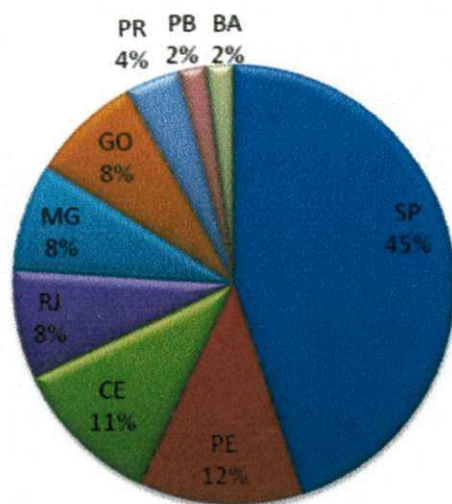


Figura 1. Distribuição da produção de cachaça por estado (MARTINELLI et al., 2004)

2.5. Componentes secundários presentes na cachaça

Os produtos secundários são as substâncias formadas durante a fermentação alcoólica, excetuando-se os produtos principais (álcool etílico e gás carbônico). Eles são

encontrados em pequenas quantidades e, muitas vezes, são difíceis de serem determinados ou quantificados (YOKOYA, 1995). A natureza e a proporção desses compostos são determinadas, em diferentes níveis, pelas características da matéria-prima, da fermentação, da destilação e do envelhecimento. Os principais compostos secundários formados durante a fermentação alcoólica pertencem às classes funcionais dos ácidos, ésteres, aldeídos e alcoóis e, em proporções menores, se formam também cetonas, compostos fenólicos aminas e mercaptanas (MAIA et al., 1994).

O ácido acético é um coproduto normal da fermentação alcoólica. A alta acidez em cachaça pode ser atribuída à contaminação da cana ou do próprio mosto, por bactérias acéticas, fazendo com que parte do substrato sofra fermentação acética, elevando a acidez e diminuindo o rendimento da produção do etanol (CARDOSO, 2001). A aeração do mosto durante esta etapa também pode aumentar a conversão do açúcar em ácido acético, ainda que não haja contaminação do mosto por essas bactérias (MAIA et al., 1994).

Durante a fermentação alcoólica uma parte do etanol reage com o ácido acético, formando acetato de etila. Da mesma forma, outros alcoóis reagem, em parte, com o ácido acético, resultando em outros ésteres (CARDOSO, 2001; MAIA et al., 1994; YOKOYA, 1995). Reações de esterificação ocorrem também durante o envelhecimento da cachaça mas em velocidade muito menor. Segundo Maia (1994), os ésteres favorecem o aroma da bebida tendo cada um aroma peculiar. O acetato de etila possui aroma frutado que, em grandes quantidades, confere à cachaça um sabor indesejável e enjoativo.

Os aldeídos com até oito átomos de carbono têm aroma penetrante e enjoativo, considerados indesejáveis em bebidas destiladas. Os aldeídos maiores, com mais de dez átomos de carbono, apresentam aroma agradável. O principal aldeído associado à fermentação alcoólica é o acetaldeído (MAIA et al., 1994). Em fermentações normais este composto aparece no mosto durante as primeiras horas, depois diminui, podendo até desaparecer no estágio final da fermentação. Os aldeídos podem ter origem no resultado da ação das leveduras durante estágios preliminares do processo da fermentação, principalmente o acetaldeído, que tende a desaparecer no final, pela oxidação a ácido acético (CARDOSO, 2001; MAIA et al., 1994).

O furfural e o hidroximetilfurfural podem surgir no próprio caldo da cana quando, eventualmente, ocorre, em sua colheita, queima da folhagem, acarretando

desidratação parcial de uma pequena fração de açúcares (pentoses e hexoses) livres no caldo ou presentes no bagaço (MAIA et al., 1994).

Álcoois superiores, de três a cinco átomos de carbono, apresentam odores característicos, tradicionalmente associados a bebidas destiladas. Acima disso, os álcoois se tornam oleosos e alguns lembram fortemente o aroma de flores. Os álcoois de quatro e cinco átomos de carbono (óleo fúsel) são formados pela degradação do açúcar dentro das leveduras e, em parte, pela degradação de aminoácidos (MAIA et al., 1994) e em teor elevado desvaloriza a cachaça (YOKOYA, 1995). Do ponto de vista quantitativo, a formação de álcoois superiores depende acentuadamente da cepa empregada, assim como da ocorrência de micro-organismos contaminantes. A formação desses álcoois é maior quando a fermentação é mais demorada, em função da atividade fraca do fermento (MAIA et al., 1994).

O álcool metílico é um álcool indesejável na cachaça, originando-se da degradação da pectina, um polissacarídeo da cana-de-açúcar presente em quantidades muito pequenas (MAIA et al., 1994). A intoxicação por álcool metílico causa alguns sintomas como cefaléia, vertigem, vômitos e dores diversas. Dependendo do organismo, a dose fatal varia de 10 a 100 mL e a ingestão de 15 mL é suficiente para causar cegueira (CARDOSO, 2001). Entretanto, a legislação nacional (BRASIL, 2002) traz como limite máximo 200 mg de álcool metílico por 100 mL de álcool anidro ou 0,25 mL de álcool metílico por 100 mL de álcool etílico anidro, um valor pequeno mas muito acima dos valores encontrados usualmente em cachaças.

2.6 Processo produtivo da cachaça

O processo produtivo da cachaça envelhecida envolve a moagem e o preparo do caldo, o processo de fermentação, a destilação do caldo fermentado e o envelhecimento da cachaça.

2.6.1 Moagem e preparo do caldo para fabricação de cachaça

A cana, devidamente limpa, deve ser moída até 24 horas após o corte (Figura 2); depois de ser filtrado o suco é decantado com o objetivo de separar impurezas, como bagacilhos, terra e areia (MAIA et al., 1994).



Figura 2. Cana sendo conduzida para a moenda (SAKAI, 2008)

A diluição é o processo em que se prepara o caldo de cana para atingir o teor de sacarose entre 14 e 16 graus Brix. Isto acontece com a adição de água de boa qualidade na dorna de diluição. Ainda nesta etapa se pode adicionar ácido sulfúrico para evitar a contaminação do caldo por bactérias que podem produzir outros compostos prejudiciais à qualidade final da cachaça (MAIA et al., 1994).

2.6.2 Processo de fermentação do caldo

Na fase de fermentação o açúcar é transformado em álcool. Neste processo se utiliza a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, comumente encontrada em supermercados e padarias. É chamada fermentação artesanal quando acontece de forma espontânea a partir da cana moída. Nas pequenas fábricas de cachaça, em que não existem geladeiras para guardar a levedura (fermento), é utilizado um fabricado pelo próprio produtor, constituído de garapa misturada com fubá ou farelo de arroz (MAIA et al., 1994).

Independente do fermento utilizado, este processo deve ser concluído em aproximadamente 24 horas. O método usual para verificar o fim da fermentação é quando o caldo (garapa) começa a soltar borbulhas de forma uniforme e com cheiro agradável (Figura 3). O fermento depositado no fundo da dorna costuma ser reutilizado na próxima fermentação. É nesta fase que se deve tomar a decisão de fazer ou não a

infusão de frutas, ervas ou outros elementos que, ao fermentarem junto com a garapa, darão sabor ao produto (MAIA et al., 1994).



Figura 3. Caldo em processo de fermentação (SAKAI, 2008)

2.6.3 Destilação do caldo fermentado

A garapa (caldo) fermentada é levada para o alambique (Figura 4) onde é aquecida e o álcool é concentrado. Como o álcool tem um ponto de evaporação mais baixo que a água, ele se desprende primeiro, produzindo o que se chama de “cachaça de cabeça”, a qual é extremamente forte, contendo aproximadamente de 75 °GL, além de possuir muitos elementos não desejados, como o metanol. Conforme a destilação prossegue, cada vez mais água vai sendo adicionada à cachaça, chegando ao ponto em que não se tem praticamente mais álcool e o destilado é chamado “cauda”. No desejo de se conseguir um produto de melhor qualidade, não é aproveitado o álcool inicial (cabeça) nem o final (cauda). Utiliza-se, então, para a comercialização, somente o álcool do meio da destilação (corpo ou coração da cachaça), que representa 80% do material destilado.

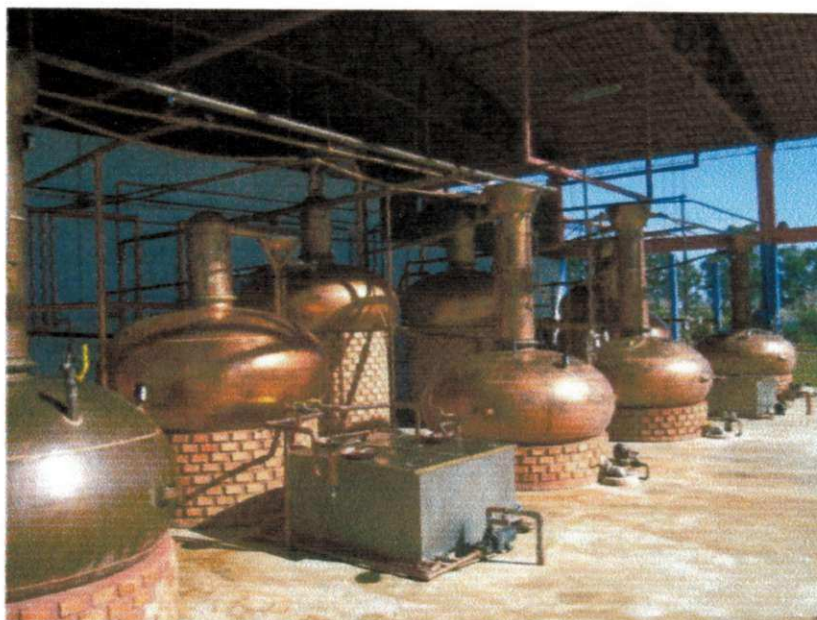


Figura 4. Alambiques empregados na destilação da cachaça (SAKAI, 2008).

Após sua retirada o álcool, é padronizado para que o teor alcoólico fique entre 38 e 48%. A partir daí, a cachaça passa por uma maturação rápida de 1 a 2 meses, e já pode ser engarrafada (Figura 5) ou ir para tonéis de madeira a fim de envelher; normalmente, o processo de envelhecimento varia entre 2 e 10 anos (MAIA et al., 1994). No Brasil, para a cachaça esta etapa é optativa, não sendo realizada sistematicamente em função do tempo requerido pelo processo e dos custos introduzidos pelo armazenamento de bebidas em grandes tonéis de madeira por alguns anos (MAIA et al., 1994).



Figura 5. Máquina para engarrafamento da cachaça (SAKAI, 2008)

2.6.4 Processo de envelhecimento e seu efeito na qualidade da cachaça

O importante no processo de envelhecimento é permitir a oxidação do álcool; por isto, um recipiente de metal não permitirá o processo adequado por não permitir, também a entrada do ar (NISHIMURA & MATSUYAMA, 1989).

Durante este processo os componentes da bebida se oxidam enriquecendo-a com substâncias extraídas da madeira, promovendo diminuição significativa do sabor alcoólico e da agressividade da bebida, com simultâneo aumento da doçura e do sabor de madeira, proporcionando uma efetiva melhora sensorial ao produto. A cachaça envelhecida tem sabor e aroma considerados mais agradáveis pelos consumidores do que a cachaça recém-destilada, o que lhe agrega maior valor (CARDELLO & FARIA, 1999).

Para se considerar uma bebida envelhecida, a legislação de cada país de origem estipula tempos mínimos de armazenagem em madeira para cada tipo de bebida. O uísque, por exemplo, tem que ser envelhecido por, no mínimo, 3 anos; já a cachaça, no Brasil, para ser considerada envelhecida, precisa, obrigatoriamente, de no mínimo 1 ano de barril (BRASIL, 1997).

Alguns produtores, não prezando as qualidades do envelhecimento natural, aplicam técnicas de envelhecimento rápido e forçado, como corrente de ozônio, descarga elétrica, adição de alguns sais, especialmente o de prata ou até a simples

adição de pedaços de madeira no interior do barril (VALSESHI, 1960; LIMA, 1983; BÔSCOLO et al., 1995).

Quanto ao desenvolvimento do aroma na cachaça, existem vários fatores que o influenciam desde as técnicas utilizadas na destilação, fermentação, cortes e misturas, assim como diferentes tempos de envelhecimento e madeiras utilizadas (WILLIAMS, 1989; MAGA 1996).

Philp (1989) identificou mais de 400 compostos secundários em bebidas destiladas, dos quais existem alguns que contribuem de forma mais significativa para a formação de aroma, como ésteres, lactonas, compostos carbonílicos (principalmente os alifáticos de cadeia longa), os sulfurados, nitrogenados, fenóis e derivados da matéria-prima. Alguns desses compostos, apesar de estarem em concentração muito baixa, atuam isoladamente ou em combinação, proporcionando aromas peculiares e característicos (MAGA, 1989; PATERSON & PIGGOT, 1989; MAGA, 1996).

A mudança do aroma da bebida maturada se deve a alterações na composição e na concentração de seus compostos, as quais são causadas por extração dos compostos da madeira; quebra de suas macromoléculas e extração dos seus produtos; reações entre os compostos do destilado e da madeira; reação entre os próprios extrativos da madeira; reação entre os próprios componentes do destilado e evaporação dos compostos voláteis, dentre os quais se destacam em importância, as três primeiras (MOSEDALE & PUECH, 1998).

O desenvolvimento da cor está diretamente relacionado com o tipo de madeira utilizado nos barris para envelhecimento, no tratamento aplicado nessas madeiras e no tempo de estocagem. Tonéis novos liberam mais extrativos da madeira na bebida durante o envelhecimento em menos tempo que os usados (PALMER, 1994).

Os taninos, que são um dos constituintes menores da madeira, são responsáveis pelo progressivo escurecimento da cor do destilado (SINGLETON, 1995). A concentração de furfural, composto oriundo das pentoses da madeira, tende a aumentar com a maturação do destilado, intensificando ainda mais a coloração (EGOROV & RODOPULO, 2009).

Em relação ao sabor, durante a maturação do destilado a hemicelulose, que é constituída de xilose e outros açúcares, é ligeiramente degradada em pentoses e hexoses, resultando no aumento da concentração de açúcares na bebida envelhecida (SEFTON et al., 1990).

De acordo com o que foi exposto, pode-se afirmar que a espécie da madeira, sua composição química, o tamanho e o tratamento dos barris, as condições ambientais (microclima do ambiente do envelhecimento) e o tempo, são os fatores relevantes em um processo de envelhecimento da cachaça (NISHIMURA & MATSUYAMA, 1989; PHILP, 1989; CANTRAGEL et al., 1990).

Como descrito, a produção de cachaça de boa qualidade requer conhecimentos científicos e tecnológicos apurados, competência, sensibilidade e dedicação. Os aspectos gerais do controle de qualidade da cachaça exigem a realização de análises físico-químicas periódicas (CARDOSO, 2001). A qualidade da bebida está relacionada com suas propriedades organolépticas, tais como cor, sabor e aroma que, por sua vez, dependem da qualidade da matéria-prima, do mosto e do fermento utilizados, das condições e do tempo de fermentação, do sistema de destilação, do material de fabricação dos equipamentos e dos processos de envelhecimento, padronização e de engarrafamento da bebida (VARGAS & GLÓRIA, 1995).

Como já referido, o processo de destilação resulta em substâncias que, em excesso, podem fazer mal à saúde como, por exemplo, dores de cabeça provocadas pelos aldeídos, tal como o efeito tóxico do metanol e o carbonato de etila, por ser um composto cancerígeno. Alcarde (2007) afirma que a maior parte das cachaças possui substâncias acima do aceitável. O pesquisador desenvolveu um estudo com 300 marcas do destilado nacional e verificou que 60% não estão em conformidade com a lei.

Uma cachaça com boas práticas de produção pode atingir um nível ainda mais sofisticado com o processo de envelhecimento. Duarte (2008) afirma que o envelhecimento acrescenta sabor à cachaça e torna o produto ainda mais refinado. Com o descanso em madeira, as cachaças ficam mais macias, leves e adocicadas. Cada madeira confere características particulares de cor, odor e sabor. Apesar de o processo ser mais caro para o produtor, existe uma agregação de valor à bebida, conferindo-lhe melhor destaque em âmbito comercial.

2.7. Componentes da madeira importantes no envelhecimento da cachaça

Os principais componentes da madeira são celulose, hemiceluloses e lignina, que sustentam os agrupamentos das células de madeira e em menores quantidades, existem os extrativos.

A celulose, formada por ligações glicosídicas, é o principal e mais abundante componente da madeira. Possui em média mil unidades de glicose por cadeia. Essas longas cadeias se dispõem umas ao lado das outras, em feixes, sendo mantidas nesta posição pelas pontes de hidrogênio entre os numerosos grupos OH adjacentes. A celulose é um polímero linear, inerte frente a solventes hidroalcoólicos; o comprimento e a conformação de suas cadeias dificultam as reações de oxidação e hidrólise em presença de etanol. Os produtos de degradação da celulose aparecem na bebida em maior concentração quando a madeira sofre tratamento térmico durante a confecção dos barris. Suas hexoses acarretam aumento acentuado nos teores de hidroximetilfurfural, componente aromático desejável presente em bebidas alcoólicas envelhecidas (MORRISON & BOYD, 1972; BOBBIO, 1989; PALMER, 1994).

As hemiceluloses são polissacarídeos complexos que se encontram nas paredes das células vegetais, possuem estreita associação com a celulose e lignina. As moléculas de hemiceluloses não têm padrão estrutural definido. São muito menores quando comparadas com as moléculas de lignina e são constituídas principalmente de unidades de D-xilose, L-arabinose, D-galactose, D-manose e L-ramnose. Os produtos da sua degradação são os açúcares de cinco átomos de carbono, que produzem o furfural, composto aromático presente em bebidas envelhecidas em madeiras, principalmente as que passam por tratamento térmico (BOBBIO & BOBBIO, 1989; PALMER, 1994).

A lignina está presente principalmente nas lamelas médias, nas paredes primárias e secundárias das células. Como as hemiceluloses, a lignina não tem um padrão estrutural definido. É uma macromolécula fenólica complexa formada a partir dos ácidos p-cumáricos, ferúlico e sinápico que darão origem, por desidrogenação e polimerização, aos álcoois p-cumaril, conferil/guaiacul e sinapil/siringil, respectivamente. A lignina é constituída de uma fração em gel, que representa a maior parcela de lignina, totalmente insolúvel, e uma em sol, parcialmente solúvel. Esta fração é denominada "lignina de Brauns" e é extraída pela bebida quando em contato com a madeira (MAGA, 1989; PALMER, 1994). Os produtos da degradação da lignina, aldeídos ácidos aromáticos, são considerados os mais importantes componentes do aroma em bebidas envelhecidas (REAZIN, 1981; PUECH et al., 1984).

Além dos compostos primários, existem os extrativos, que são compostos voláteis ou solúveis, como os óleos e resinas; além desses, a madeira possui também os não-solúveis, como as proteínas, pectinas e compostos inorgânicos (MAGA, 1989; SARNI et al., 1990). A estrutura química desses compostos varia de acordo com a

região em que a árvore se desenvolveu, a espécie e até mesmo dentro de uma mesma árvore. Outras variáveis que diferenciam a madeira a ser usada na produção de barris, são idade da árvore, taxa de crescimento e as condições ambientais da região onde se desenvolveu o indivíduo.

2.8 Fabricação de barris para envelhecimento da cachaça

A fabricação de um barril envolve uma série de procedimentos técnicos que os tanoeiros passam de geração para geração (Figura 6). Eles combinam habilidade e um olho de especialista com o uso de ferramentas simples (MONÇÕES, 2003).

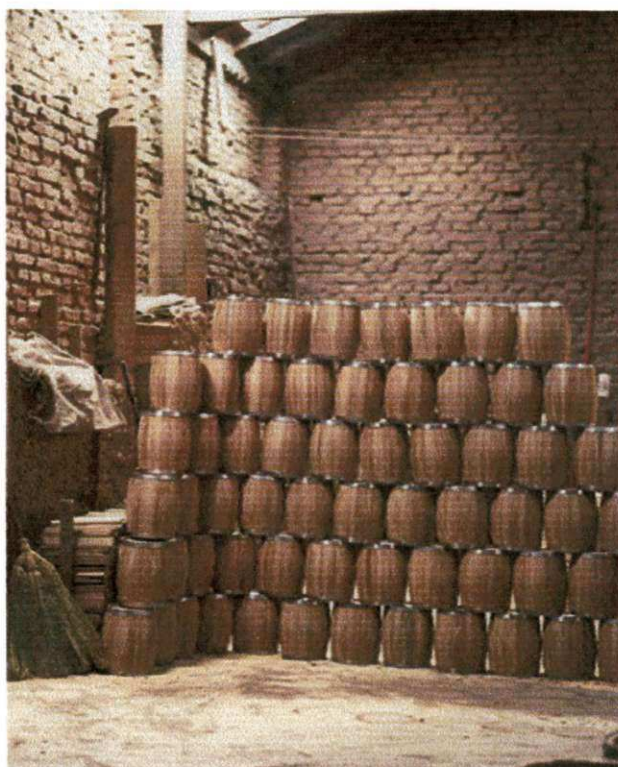


Figura 6. Produção de barris para armazenamento de cachaça (MONÇÕES, 2003)

Depois de cortada, a madeira é secada ao ar, por no mínimo três anos; depois deste longo período, a madeira é transformada em ripa (Figura 7) e o tanoeiro inicia seu trabalho (MONÇÕES, 2003).



Figura7. Secagem e armazenamento das ripas de madeira (MONÇÕES, 2003)

Os aros de metal são vestidos nas ripas de madeira (Figura 8). As ripas, por sua vez são umedecidas regularmente e se emprega fogo para torná-las flexíveis (a intensidade do calor do fogo tem grande influência no aroma da bebida armazenada no barril). Durante o aquecimento um arame é colocado ao redor da base do barril e apertado para reunir as ripas progressivamente, unindo-as sem a necessidade de cola ou prego; concluída a montagem é colocada água fervente no interior do barril para verificar a existência de vazamento.

Os barris podem ser horizontais ou verticais, assemelhando-se o processo de produção de ambos. Para a fabricação de barris os tanoeiros preferem espécies de madeira de crescimento lento às que apresentam crescimento rápido, pois estas retêm maior quantidade de líquido diminuindo, assim, a concentração de extrativos, além de produzirem tábuas sem brilho e propensas a rachadura na produção dos barris (SINGLETON, 1984; MOUTOUNET et al., 1995).

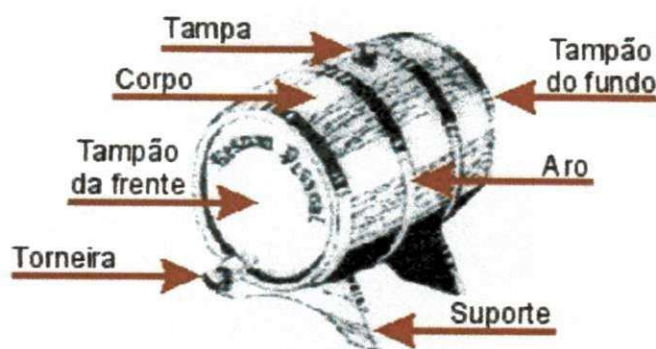


Figura 8. Partes componentes de um barril horizontal (MONÇÕES, 2003)

Os barris, dornas ou tonéis para envelhecimento de cachaça, deverão ser armazenados em salas onde não haja excesso de luz, vento ou calor. As teias de aranha formadas durante o armazenamento são de grande utilidade para diminuir o risco de infestação por térmitas (cupins) ou coleópteros (besouros) (MONÇÕES, 2003).

Os barris de envelhecimento poderão ser flambados por dentro (com um maçarico de mão) para evitar o excesso de evaporação, além do efeito adstringente que traz o carvão das paredes queimadas (MAGA, 1989).

2.9 Características das madeiras utilizadas para o envelhecimento da cachaça

São abordadas as características das cinco madeiras brasileiras empregadas no envelhecimento da cachaça e as da madeira de carvalho, utilizada como padrão de comparação, em função de ser a madeira mais utilizada para o envelhecimento de bebidas alcoólicas.

2.9.1 Madeira de amburana (*Amburana cearensis*)

A amburana (*Amburana cearensis*), família Fabaceae (Figura 9). é uma árvore de porte regular, de tronco nem sempre linheiro, que atinge de 4 a 12 m altura, com diâmetro de 40 a 80 cm. O caule, quando jovem, apresenta-se liso e, quando adulto, com uma espécie de descamação (ritidomas) que caracteriza a planta (PEREIRA, 2005).



Figura 9. Árvore de amburana (*Amburana cearensis*) (PEREIRA, 2005)

A planta produz madeira moderadamente pesada (Tabela 3), porosa, castanho-claro, de boa durabilidade e fácil de trabalhar; é usada em móveis de luxo, faqueados decorativos, caixilhos de janela, painéis, aduelas, esquadrias, portas, forros e lambris, tanoaria, esculturas, matriz de xilogravura e marcenaria, em geral (PEREIRA, 2005).

Tabela 3. Propriedades físicas da madeira de amburana (*Amburana cearensis*)

Propriedades Físicas		Classificação da Madeira	
Densidade aparente (g/cm^3) (15% de umidade)		0,60	Moderadamente Pesada
Contrações máximas (%)	Radial	2,9	Baixa
	Tangencial	6,2	Baixa
	Volumétrica	9,3	Baixa
Coeficiente de retratilidade volumétrica		0,45	Baixo

Fonte: Mainieri & Chimelo (1989)

2.9.2 Madeira de bálsamo (*Myroxylon peruiferum*)

O bálsamo ou cabriúva vermelha (*Myroxylon peruiferum*), família Fabaceae (Figura 10), produz madeira pesada; de ceme castanho, escurecendo para castanho-avermelhado; de textura média, grã geralmente revessa, superfície irregularmente lustrosa; cheiro característico de bálsamo e gosto levemente adstringente (PEREIRA, 2005).



Figura 10. Árvore de bálsamo (*Myroxylon peruiferum*) (PEREIRA, 2005)

A madeira bálsamo, por ser de resistência mecânica entre média e alta, retratibilidade baixa (Tabela 4) e aspecto agradável, é indicada para móveis, revestimentos decorativos, produção de folhas faqueadas, peças torneadas, na construção civil, como tábuas e tacos, para assoalhos, portas, venezianas, janelas e marcos, vigas, caibros, vigamento de pontes, postes, dormentes, cruzetas, aplicações em

construção de vagões de estrada de ferro, carrocerias, implementos agrícolas, marchetaria e degraus de escada (PEREIRA, 2005).

Tabela 4. Propriedades físicas da madeira de bálsamo (*Myroxylon peruiferum*)

Propriedades Físicas		Classificação da Madeira	
Densidade aparente (g/cm^3) (15% de umidade)		0,95	Pesada
Contrações máximas (%)	Radial	4,0	Média
	Tangencial	6,7	Baixa
	Volumétrica	11,0	Baixa
Coeficiente de retratibilidade volumétrica		0,52	Médio

Fonte: Mainieri & Chimelo (1989)

2.9.3 Madeira de ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*)

O ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*), família Bignoniaceae (Figura 11), é uma árvore cuja altura varia de 4 a 10 m, com tronco de 30 a 40 cm de diâmetro (Tabela 5). A árvore é dotada de lenho muitíssimo resistente à putrefação. A madeira de ipê é geralmente utilizada para madeiramento de telhado, por ser pesada e dura, utilizada para esquadrias especiais e móveis finos, com destaque em sua beleza e boa qualidade, destinada a obras, cujo requinte do acabamento deve ser aliado à qualidade mais nobre, com ótima resistência à água, servindo também para degraus de escada, portões, rodapés, decks externos para piscinas, tabeiras de piso e aduelas especiais, entre outras aplicações.



Figura 11. Árvore de Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) (PEREIRA, 2005)

Tabela 5. Propriedades físicas da madeira de ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*)

Propriedades Físicas		Classificação da Madeira	
Densidade aparente (g/cm^3) (15% de umidade)		0,96	Muito pesada
Contrações máximas (%)	Radial	4,3	Média
	Tangencial	7,2	Baixa
	Volumétrica	11,4	Média
Coeficiente de retratilidade volumétrica		0,54	Médio

Fonte: Madezapi (1994)

2.9.4 Madeira de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)

O jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), família Lecythidaceae, possui altura de 35 a 45m, de tronco muito grosso (90 a 120 cm de diâmetro) e alto, com casca muito grossa, pardacenta, rígida, profundamente sulcada (Figura 12) e produz madeira róseo-acastanhado ou bege-rosado.

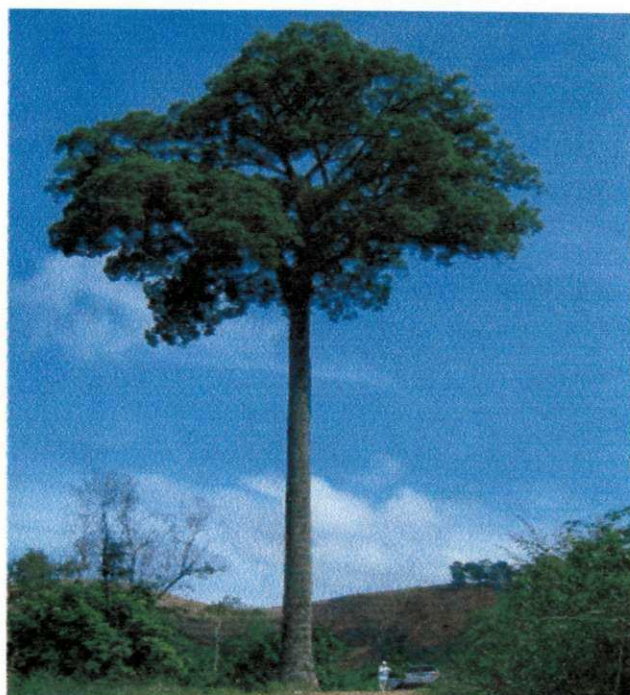


Figura 12. Árvore de Jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) (PEREIRA, 2005)

A madeira do jequitibá-rosa é leve (Tabela 6), de cor agradável, fácil de trabalhar e de propriedades mecânicas médias a baixas; pode ser empregada em obras internas da construção civil, como assoalhos e esquadrias, na confecção de brinquedos e compensados.

Tabela 6. Propriedades físicas da madeira de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)

Propriedades Físicas		Classificação da Madeira	
Densidade aparente (g/cm^3) (15% de umidade)		0,53	Leve
Contrações máximas (%)	Radial	3,0	Baixa
	Tangencial	5,7	Baixa
	Volumétrica	9,8	Baixa
Coeficiente de retratilidade volumétrica		0,40	Baixo

Fonte: Mainieri & Chimelo (1989)

2.9.5 Madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*)

O jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*), família Caesalpinaceae, é uma árvore de altura de 15 a 20 m e tronco com até 1 m de diâmetro (Figura 13). A árvore é de fácil multiplicação e seus frutos produzem uma farinha comestível e muito nutritiva, consumida tanto pelo homem como pelos animais silvestres (MAINIERI & CHIMELO, 1989).

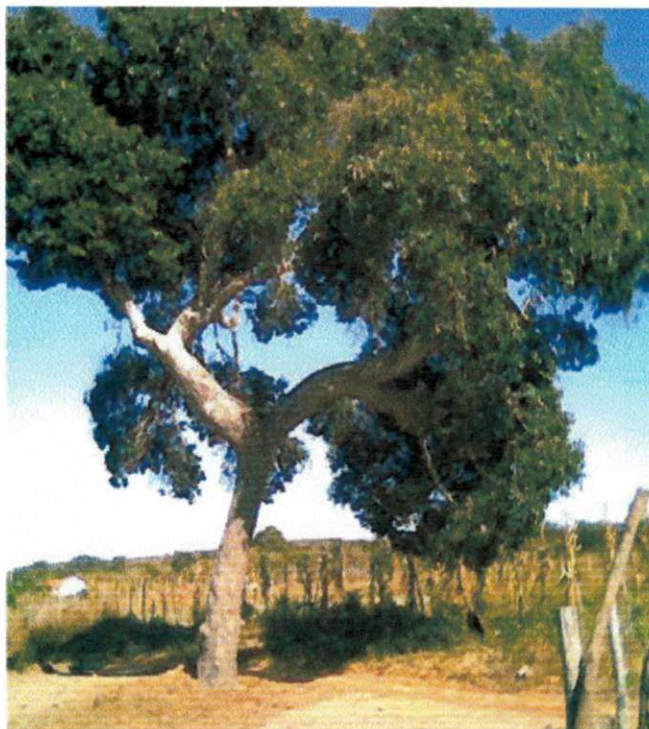


Figura 13. Árvore de jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*) (PEREIRA, 2005)

A madeira de jatobá, por ser muito pesada (Tabela 7) e de propriedades mecânicas altas, pode ser usada para acabamentos de interiores, como vigas, caibros, ripas, marcos de portas, tacos e tábuas para assoalhos, artigos de esporte, cabos de ferramentas e implementos agrícolas, construções externas, como dormentes e cruzetas, esquadrias, folhas faqueadas decorativas, móveis, peças torneadas e assessorios decorativos (MAINIERI & CHIMELO, 1989).

Tabela 7. Propriedades físicas da madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa*)

Propriedades Físicas		Classificação da Madeira	
Densidade aparente (g/cm ³) (15% de umidade)		0,96	Muito Pesada
Contrações máximas (%)	Radial	3,1	Baixa
	Tangencial	7,2	Baixa
	Volumétrica	10,7	Baixa
Coeficiente de retratilidade volumétrica		0,54	Médio

Fonte: Mainieri & Chimelo (1989)

2.9.6 Madeira de carvalho (*Quercus* sp.)

O carvalho é a principal madeira utilizada para o envelhecimento de bebidas alcoólicas. O carvalho-branco americano (*Quercus alba*) e o carvalho europeu (*Quercus robur* e *Quercus petraea*) são tradicionalmente usados na manufatura de barris para envelhecimento de bebidas, em função de suas propriedades de dureza, flexibilidade e impermeabilidade à água, bem como pela liberação de extrativos necessários à maturação de bebidas alcoólicas, conferindo cor e aroma suave à bebida (FARIA, 1998).

Como o carvalho não é uma árvore cultivada no Brasil, os tonéis fabricados com esta madeira são provenientes principalmente dos Estados Unidos e Escócia. A legislação dos Estados Unidos da América impôs que o “whisky Bourbon” seja envelhecido em tonéis novos de carvalho, enquanto a legislação escocesa não tem essa restrição. Desta forma, muitos tonéis de carvalho que chegam aqui já foram utilizados nesses dois países (BOSCOLO et al., 1995).

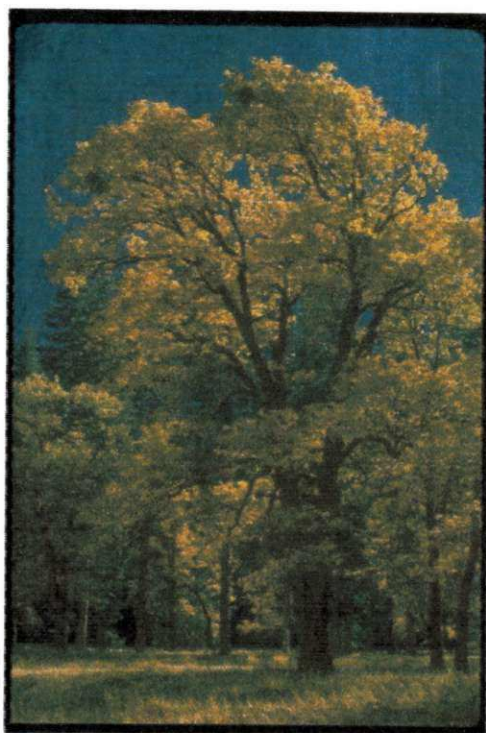


Figura 14. Árvore de carvalho (*Quercus* sp.) (CALPHOTOS, 2009)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características e procedência da cachaça empregada

Para o desenvolvimento da pesquisa foram empregados 260 litros de cachaça, provenientes de uma destilação de 300 litros, realizada em setembro de 2008, no Município de Salinas, localizado no Norte do Estado de Minas Gerais (Figura 15).

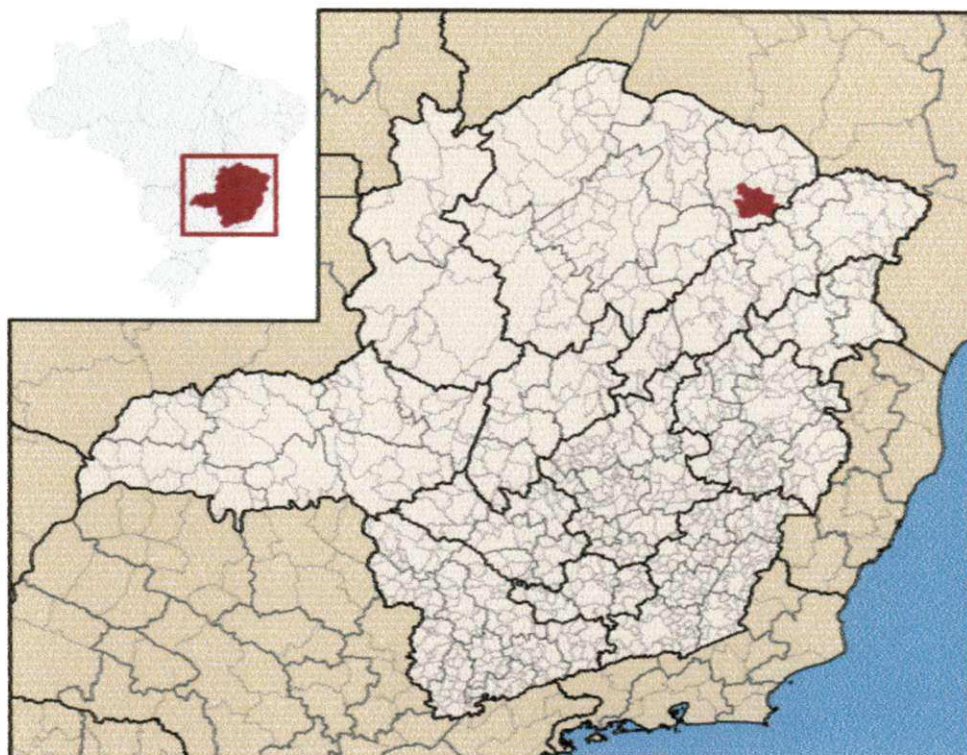


Figura 15. Localização do Município de Salinas, norte do Estado de Minas Gerais

A cachaça utilizada no experimento foi da marca Indiazinha, produzida na Fazenda Sobradinho, Serra dos Bois, Zona Rural do Município de Salinas, localizado a 16° 10' 19" de latitude sul, 42° 17' 33" de longitude oeste, com altitude média de 830 m, umidade relativa média de 63%, temperatura variando entre 18 e 33 °C, solo predominante Latossolo vermelho-amarelo, clima semiárido, índice pluviométrico médio de 855 mm e vegetação de Caatinga, Cerrado e matas adusifólicas.

A cachaça utilizada estava com graduação alcoólica de aproximadamente 43 °GL, tendo sido empregados, na fermentação da garapa da cana-de-açúcar, catalisadores naturais, como a própria cana-de-açúcar e fubá de milho, e a destilação conduzida em destilador de cobre.

3.2 Madeiras utilizadas no envelhecimento da cachaça

Em função de algumas características como diâmetro, comprimento de tronco, densidade, retratibilidade e facilidade de aquisição, utilizaram-se as madeiras de amburana (*Amburana cearencis* (Fr. Allem.) A.C. Sm.), bálsamo (*Myroxylon peruiferum* L.f.), ipê-amarelo (*Tabebuia Chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) e jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze).

Como comparação entre a qualidade das madeiras empregadas foi usada a madeira de carvalho (*Quercus* sp.), comumente utilizada para envelhecimento de cachaça e outras bebidas destiladas, sendo bastante aceita pelos apreciadores de bebida.

3.3 Confeção e características dos barris utilizados

Os barris confeccionados para o experimento foram verticais, com 30 cm de diâmetro e 45 cm de altura, com capacidade interna de aproximadamente 25 litros. Os barris produzidos com as madeiras nacionais foram confeccionados em tábuas nunca antes utilizadas para armazenamento de cachaça, enquanto os de carvalho foram constituídos a partir de pranchas recuperadas de barris importados, que já haviam sido utilizadas para o armazenamento de bebidas alcoólicas.

O processo de confecção dos barris para o experimento foi desenvolvido por um profissional do Município de Salinas, especializado em tanoaria. O processo iniciou-se com a aquisição de troncos de madeira, com cerca de 50 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. As madeiras foram cortadas em talisca com médias de 45 cm de comprimento, 5 cm de largura e 1,5 cm de espessura. Antes da confecção dos barris as taliscas foram postas para secar durante 1 mês, em ambiente fechado com ventilação e iluminação natural.

Depois de secas as taliscas, isentas de defeito, foram utilizadas para constituírem o corpo do barril em que as peças foram montadas lado a lado, tendo os anéis de ferro como base de acomodação. Depois de todas as taliscas estarem encaixadas, os entremeios foram preenchidos com “palha e pó de madeira” evitando que qualquer espaço tenha permanecido livre. O corpo do barril foi lixado e levado ao fogareiro, a fim de se ajustar os círculos de ferro, deixando-os totalmente ajustados à madeira.

Os tampos foram feitos com as madeiras descartadas para utilização do corpo do barril. Para a confecção dos tampos, as peças foram unidas lado a lado, fixadas com prego de duas cabeças, cortadas em formato de um círculo, com cerca de 45 cm de diâmetro. Assim

como o corpo do barril, o tampo foi lixado para um acabamento melhor e os espaços existentes preenchidos com “palha e pó de madeira”.

Após o encaixe do tampo no corpo o barril foi besuntado com uma pasta de parafina e barro e levado ao fogareiro, para ajuste dos anéis de ferro, apertando-os e vendando, eliminando todas as possíveis frestas.

3.4 Armazenamento, envelhecimento e amostragem da cachaça

Empregaram-se para o armazenamento, dois barris para cada madeira ensaiada. Além do armazenamento nos barris, uma amostra controle de 20 litros de cachaça foi acondicionada em recipiente de vidro transparente, com capacidade para 25 litros, fechado com tampa do mesmo material, para permitir a comparação entre as características físico-químicas e organolépticas das cachaças envelhecida e não-envelhecida (Tabela 8).

Tabela 8. Distribuição da cachaça nos recipientes de armazenamento

Recipiente de Armazenamento	Quantidade de Amostras (Unidades com 20 litros)	Quantidade Total em Litros de Cachaça
Amburana	2	40
Bálsamo	2	40
Ipê	2	40
Jatobá	2	40
Jequitibá	2	40
Carvalho	2	40
Vidro	1	20
Total	13	260

Para o envelhecimento as amostras foram armazenadas a temperatura de 18 a 23 °C e umidade relativa de 53 a 81%, sob pouca iluminação e ventilação natural, durante seis meses (novembro de 2008 a maio de 2009).

Para avaliar a qualidade das madeiras ensaiadas quanto às características físico-químicas e organolépticas da cachaça, retiraram-se amostras de 1 litro de cada recipiente, após 2, 4 e 6 meses de armazenamento.

3.5 Características físico-químicas das cachaças

Para a avaliação das características físico-químicas, as amostras de cachaça foram enviadas ao Laboratório de Análises Físico-Químicas do Microbiotec Save, localizado no Núcleo Bandeirante, em Brasília, DF, e analisadas de acordo com os métodos recomendados pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 1986), usados para a análise de bebidas destiladas a serem engarrafadas e comercializadas no Brasil e no Exterior.

A cachaça armazenada em recipiente de vidro e as envelhecidas em barris de madeiras foram analisadas em função dos teores de acidez total, fixa e volátil, álcool metílico, álcool superior, aldeídos, cobre, éster, extrato secado a 100 °C, furfural e grau alcoólico real.

3.5.1 Acidez total, fixa e volátil da cachaça

Para a determinação da acidez total, 25 mL da amostra de cachaça foram transferidos para um erlenmeyer de 500 mL contendo 200 mL de água destilada; adicionaram-se 2 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% e se titulou com solução de hidróxido de sódio a 0,1N até a solução adquirir coloração levemente rósea. A acidez total (AT) é expressa em grama de ácido acético por 100 mL da amostra (Equação 1).

$$AT = 0,024 * n \quad (1)$$

em que:

AT = Acidez total (g de ácido acético/100 mL da amostra);

n = Volume de solução de hidróxido de sódio a 0,1N titulado (mL);

0,024 = Equivalente grama de ácido acético.

Na determinação da acidez fixa 25 mL da amostra de cachaça foram transferidos para um erlenmeyer de 500 mL; evaporou-se a amostra, em banho maria a 50 °C, para 10 mL e se adicionaram 200 mL de água destilada e 2 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% e se titulou com solução de hidróxido de sódio 0,1N até a solução adquirir coloração levemente rósea. A acidez fixa (AF) foi expressa em grama de ácido acético por 100 mL da amostra (Equação 2).

$$AF = 0,024 * n \quad (2)$$

em que:

AF = Acidez fixa (g de ácido acético/100 mL da amostra);

n = Volume de solução de hidróxido de sódio a 0,1N titulado (mL);

0,024 = Equivalente grama de ácido acético.

A acidez volátil foi determinada pela diferença entre a acidez total e a acidez fixa. A acidez volátil é expressa em gramas de ácido acético em 100 mL de álcool anidro (Equação 3).

$$AV = \left(\frac{A}{GR} \right) \quad (3)$$

em que:

AV = Acidez volátil (g de ácido acético/100 mL de álcool anidro);

A = Acidez total menos a acidez fixa (g de ácido acético/100 mL da amostra);

GR = Grau alcoólico real (°GL).

3.5.2 Teor de álcool metílico na cachaça

Uma amostra de 100 mL da cachaça foi diluída para 5% em volume de concentração de álcool. Foram pipetados 50 mL da amostra diluída para um balão volumétrico de 100 mL e se completou o volume com água destilada. Adicionou-se 1 mL dessa amostra em um balão volumétrico de 50 mL, contendo 2 mL de solução de permanganato de potássio a 3% em solução de ácido fosfórico a 15% esfriado em banho de gelo.

Após adicionada a solução de permanganato agitou-se, manualmente, e o frasco foi transferido para um banho de gelo durante 30 minutos; em seguida, adicionou-se sulfito de sódio, até que a solução se tornasse descolorida, além de 1mL de solução de ácido cromotrópico a 5% e lentamente, foram adicionados 15 mL de ácido sulfúrico. O frasco foi colocado em banho-maria a 50° C, por 15 minutos.

O material foi esfriado e completado o volume com água destilada e lida a absorbância da solução a 575 nm em um fotocolorímetro digital microprocessado da marca, Laborana, modelo LABSP-220, que opera na faixa de 320 a 1000 nm, e comparada a absorbância com a

solução controle, composta de 1mL de solução de álcool etílico a 5,5% (branco) contendo 0,025% em volume de metanol (Equação 4).

$$TM = \frac{(A \times 2,5 \times F)}{(A' \times GR)} \quad (4)$$

em que:

TM = Teor de metanol (mL de metanol/100 mL da amostra);

A = Absorbância da amostra (nm);

A' = Absorbância da solução padrão de metanol (nm);

F = Fator de diluição da amostra;

GR = Grau alcoólico real (°GL);

2,5 = Equivalente volume de etanol.

3.5.3 Teor de álcool superior na cachaça

Adicionaram-se de 0,5 a 4 mL da solução “mater” (4 g de álcool isoamilico e 1 g de álcool isobutilico dissolvido e diluído para 100 mL com solução de álcool etílico a 50%), em balões volumétricos de 100 mL e se completou o volume com solução de álcool etílico a 50%. Tomaram-se 5 mL de cada solução, que foram transferidos para outros balões de 100 mL e se completou o volume com água destilada.

Para a curva padrão pipetaram-se 2 mL das soluções padrões (2 mL de solução álcool etílico a 2,5% para o branco). Adicionaram-se 2 mL da amostra preparada a 5% (corrigiu-se o grau alcoólico real do destilado da amostra de cachaça, para 45° GL, a 20° C). Adicionaram-se 5 mL da amostra a 5% em um balão volumétrico de 100 mL e se completou o volume com água destilada; adicionaram-se, em cada tubo de ensaio, de 14 x 150 mm, 1mL de solução de p-dimetilaminobenzaldeído (DMAB) (1 grama de DMAB e 5 mL de ácido sulfúrico dissolvido em água destilada e diluído para 100 mL), agitou-se o material manualmente e se o resfriou em banho de gelo durante 3 minutos. Adicionaram-se 100 mL de ácido sulfúrico, que foram agitados e resfriados em banho de gelo por mais 3 minutos. Transferiram-se os tubos com as soluções para um banho-maria a 50° C onde permaneceram 20 minutos e, em seguida, foram resfriados em banho de gelo, durante 5 minutos e, posteriormente mantidos em temperatura ambiente.

Para a leitura da cor desenvolvida empregou-se um fotocolorímetro digital microprocessado, Laborana modelo LABCI-3003, operando na faixa de 538 - 543 nm, tendo uma solução controle (branco) como referência. Com os dados obtidos, construiu-se a curva padrão tendo nas abcissas (x) gramas de álcool superior por 100 mL de amostra e nas ordenadas (y) a leitura feita no colorímetro (Equação 5).

$$AS = GR * A \quad (5)$$

em que:

AS = Teor de álcool superior (g/100 mL);

GR = Grau alcoólico real (°GL); e

A = Solução de álcool etílico a 50%.

3.5.4 Teor de aldeídos na cachaça

Adicionaram-se 300 mL de água destilada, 10 mL da solução A (15g de metabissulfito de potássio dissolvido em água destilada com 70 mL de ácido clorídrico concentrado e diluído para 1000 mL) e 50 mL da amostra de cachaça em um erlenmeyer de 500 mL. A solução foi agitada manualmente, durante 30 segundos, e mantida em repouso durante 15 minutos com o frasco fechado.

A seguir se adicionaram à mistura, 10 mL da solução B (200g de fosfato trissódico e 4,5g de etilenodiaminotetracetato de sódio (EDTA), dissolvidos em água destilada e diluídos para 1000 mL), a solução foi agitada manualmente por 30 segundos e mantida em repouso com frasco fechado, durante 15 minutos. Decorrido este tempo, acrescentaram-se 10 mL da solução C (250 mL de ácido clorídrico concentrado diluído para 1000 mL), 4 mL de uma solução de amido a 2%, e a mistura foi agitada, manualmente por 30 segundos. Adicionou-se uma solução de iodo a 0,1N até obter coloração azul. Acrescentaram-se 10 mL da solução D (100g de ácido bórico e 170g de hidróxido de sódio dissolvido em água destilada para 1000 mL) e se titulou com uma solução de iodo 0,05N até o aparecimento da coloração azulada, a fim de quantificar o SO₂ liberado (Equação 6).

$$AD = 0,0025 * n \quad (6)$$

em que:

AD = Teor de aldeído (g/100 mL);

n = Volume da solução de iodo a 0,05N titulado (mL);

0,0025 = Solução de iodo 0,1N/total em mL das soluções (A+B+C+D).

3.5.5 Teor de cobre na cachaça

Uma amostra de cachaça de 10 mL foi transferida para um cadinho de porcelana de 30 mL e levada a um forno mufla mantido a 500 °C durante 2 horas, tempo até a obtenção de cinzas. O material foi mantido a temperatura ambiente até esfriar; posteriormente, foram adicionados ao cadinho com as cinzas, 2 mL de ácido sulfúrico (concentração 1:9); aqueceu-se em banho-maria durante 30 minutos e o ácido sulfúrico foi evaporado em bico de bunsen até não mais haver desprendimento de fumaças brancas. O material foi esfriado e a ele se adicionaram 2 mL de ácido sulfúrico (concentração 1:9), aquecendo-o em banho-maria a 50° C, por 30 minutos, e o filtrando.

O material filtrado foi transferido para um béquer de 100 mL; a ele se adicionaram 2 mL de uma solução de hidróxido de amônio (concentração 1:4) após o que foi filtrado. O material foi diluído em água destilada até completar 15 mL.

Adicionaram-se volumes diferentes da solução padrão de cobre (variando de 1 a 10 mL) em balões de 50 mL e 2 mL de solução de hidróxido de amônio (concentração 1:4) e se completou o volume com água destilada.

A solução controle (branco) foi preparada ao se adicionar 2 mL da solução de hidróxido de amônio (concentração 1:4) em balão volumétrico de 50 mL, cujo volume foi completado com água destilada.

Para a leitura da concentração de cobre usou-se um colorímetro fotoelétrico digital microprocessado, Laborana, modelo LABCl-3003, operando na faixa de 350 a 660 nm e a absorção x mg de cobre calculada com base na curva padrão construída (Equação 7).

$$Cu = A \quad (7)$$

em que:

Cu = Teor de cobre na cachaça (mg/L); e

A = Concentração em função da leitura de cobre na amostra (mg).

3.5.6 Teor de ésteres na cachaça

Para a determinação do teor de ésteres, uma amostra de 200 mL da cachaça foi destilada. Adicionaram-se 100 mL do destilado em um erlenmeyer de 500 mL e o conteúdo foi neutralizado com uma solução de hidróxido de sódio 0,1N, empregando-se como indicador, uma solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, em seguida, à mistura foram adicionados 10 mL de uma solução de hidróxido de sódio a 0,1N e o material foi aquecido sob refluxo, durante 1 hora, em banho-maria a 50° C; após resfriado, se adicionaram 10 mL da solução de ácido sulfúrico a 0,1N e se titulou o excesso de ácido sulfúrico com solução de hidróxido de sódio a 0,1N, até coloração rósea (Equação 8).

$$TE = \frac{(n \cdot N)}{V} \quad (8)$$

em que:

TE = Teor de ésteres na cachaça (g/100 mL);

n = Volume da solução de hidróxido de sódio titulado (mL);

N = Normalidade da solução de hidróxido de sódio;

V = Volume da amostra de cachaça empregado na titulação (mL).

3.5.7 Teor de extrato seco da cachaça

Adicionaram-se 25 mL da amostra de cachaça em uma cápsula de porcelana cilíndrica de fundo chato de 70 mm de diâmetro e 20 mm de altura, previamente secada em estufa a 110 ± 2 °C, resfriada em dessecador e tarada. A amostra foi evaporada em banho-maria a 100 ± 2 °C, durante 3 horas e transferida para uma estufa mantida a 103 ± 2 °C, por meia hora; após secada, foi novamente resfriada em dessecador e pesada. A amostra foi secada até massa constante (Equação 9).

$$ES = (a - b) \quad (9)$$

em que:

ES = Extrato seco da cachaça (g/L);

a = Massa da cápsula de porcelana com extrato (g);

b = Massa da cápsula de porcelana (g).

3.5.8 Teor de furfural na cachaça

De uma solução padrão de furfural (1 grama de furfural redistilado e diluído para 100 mL com álcool 95%, diluiu-se 1 mL para 1000 mL com solução de álcool a 50%, tendo 1mL desta solução 0,01mg de furfural) foi diluída em uma solução de álcool etílico a 50% em tubos de ensaio de 14 x 150 mm até o volume de 10 mL. Tomaram-se 10 mL do destilado da amostra de cachaça e se adicionaram 4 gotas de anilina pura e 1 mL de ácido acético glacial. A solução foi agitada manualmente, durante 30 segundos, e posta em banho-maria a 30°C por 15 minutos. A amostra foi resfriada a temperatura ambiente e a leitura da cor desenvolvida em um colorímetro fotoelétrico digital microprocessado, Laborana, modelo LABCI -3003. Com os dados obtidos construiu-se uma curva padrão ao se dispor, nas abcissas (y) da quantidade, em grama, de furfural, por 100 mL de amostra e, nas ordenadas (x) a leitura obtida no colorímetro (Equação 10).

$$TF = GR * A \quad (10)$$

em que:

TF = Teor de furfural na cachaça (g/100ml);

A = Valor obtido na curva padrão (g/100ml de amostra);

GR = Grau alcoólico real (°GL).

3.5.9 Grau alcoólico real da cachaça

Para a determinação do grau alcoólico, 200 mL da amostra de cachaça foram transferidos para um balão de fundo chato de 200 mL, o qual foi conectado a um condensador tipo serpentina. Destilaram-se até ser recolhido, cerca de $\frac{3}{4}$ do volume inicial e se resfriou o balão mergulhando-o em água e gelo; completou-se o volume para 200 mL com água destilada; este destilado foi agitado manualmente, por 30 segundos, resfriado e transferido para uma proveta de 250 mL para que o alcoômetro pudesse flutuar livremente. O alcoômetro utilizado tem graduação de 1/10 graus, segundo o sistema Gay-Lussac, aferido a 15 °C. O valor obtido é a porcentagem de álcool em volume ou grau Gay-Lussac (°GL).

3.6 Características organolépticas da cachaça

Decorridos seis meses de armazenamento (envelhecimento) as amostras de cachaça foram avaliadas sensorialmente em função do aroma, sabor, cor e impressão global através de um questionário (Figura 1A, Anexo A).

Para a avaliação sensorial da cachaça foi utilizou-se uma equipe composta de 30 provadores voluntários aos quais foram oferecidas amostras de cachaça mantida a temperatura ambiente, em copos transparentes, codificados e cobertos com vidro de relógio, que eram retirados apenas no momento da degustação.

Para as avaliações do aroma e sabor os participantes foram vendados para que a coloração não influenciasse nos julgamentos dos atributos; no teste de impressão global a venda foi retirada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cachaças armazenadas foram avaliadas aos dois, quatro e seis meses, em função de suas características físico-químicas e quanto às suas características organolépticas ou sensoriais (aroma, cor e sabor), após o sexto mês de envelhecimento.

4.1 Características físico-químicas das cachaças

Os valores médios da caracterização físico-química obtidos das cachaças após serem completados dois, quatro e seis meses de armazenamento (de janeiro ao final de maio de 2009) nas madeiras de amburana, bálsamo, ipê, jatobá, jequitibá e carvalho, em comparação com a cachaça não-envelhecida, armazenada em frasco de vidro, se encontram nas Tabelas 9, 10 e 11, respectivamente.

De maneira geral, observa-se que, ao final dos 180 dias, a cachaça armazenada no recipiente de vidro apresentou a mesma composição físico-química inicial (Tabelas 9 e 10), com exceção da concentração de ésteres, que aumentou cerca de 40% durante o período de armazenamento, em virtude das reações de esterificação, que ocorrem entre compostos ácidos e álcoois do próprio destilado; essas reações também ocorrem em bebidas armazenadas em recipientes inertes, porém de forma mais lenta, pois não se dá a participação das reações intrínsecas ao processo de envelhecimento em madeira.

Quanto às cachaças armazenadas em barris de madeira nota-se que, em geral, o seu grau alcoólico apresentou tendência de aumento ao longo do período de envelhecimento, o mesmo ocorrendo com a acidez volátil, com o extrato seco, com os álcoois superiores, com os ésteres, aldeídos e furfural cujas concentrações aumentaram com o avanço do período de envelhecimento; no entanto, a concentração de metanol não sofreu variação significativa ao longo dos 180 dias enquanto o teor de cobre das aguardentes apresentou ligeiro declínio com o envelhecimento do destilado (Tabelas 9, 10 e 11).

O grau alcoólico das cachaças armazenadas em tonéis de madeira pode sofrer oscilações em função da umidade relativa e da temperatura ambiente. No Brasil são comuns perdas de água e de álcool de 3 a 4% ao ano, seja pela qualidade dos tonéis utilizados ou pela idade das madeiras em uso. Em ambiente de baixa umidade relativa a perda de água é favorecida, enquanto a alta umidade favorece a perda de álcool através dos tonéis (NICOL, 2003). No presente estudo os resultados obtidos ao longo das três avaliações realizadas no período de 180 dias de envelhecimento, mostraram tendência de aumento do grau alcoólico

da bebida, mostrando que a evaporação de água do destilado foi maior que a de etanol durante este período, pois o armazenamento ocorreu no Planalto Central do Brasil, local de umidades relativas baixas.

Tabela 9. Valores médios dos parâmetros analisados após dois meses de armazenamento

Parâmetros Avaliados	Amostra Controle (Vidro)	Madeira utilizada na confecção dos barris					
		Amburana	Bálsamo	Ipê	Jatobá	Jequitibá	Carvalho
Acidez Volátil (g/100 mL)	0,076	0,086	0,041	0,112	0,224	0,410	0,309
Álcool Metílico (mL/100 mL)	0,453	0,217	0,226	0,420	0,326	0,690	0,695
Álcool Superior (mL/100 mL)	0,291	0,019	0,152	0,302	0,235	0,327	0,338
Aldeído (g/100 mL)	0,0149	0,023	0,011	0,421	0,152	0,110	0,021
Cobre (mg/L)	0,181	0,171	0,095	0,178	0,160	0,150	0,198
Éster (g/100 mL)	0,122	0,179	0,115	0,384	0,153	0,160	0,131
Extrato Seco (g/L)	0,101	0,017	0,259	0,350	0,459	0,753	0,906
Furfural (g/100 mL)	0,018	0,017	0,017	0,054	0,300	0,075	0,066
Grau Alcoólico (°GL)	43,68	46,28	44,82	44,00	43,00	42,99	44,00

Durante o período de armazenamento das cachaças, como mostrado nas Tabelas 9,10 e 11, a acidez volátil aumentou progressivamente. Este aumento ocorreu, provavelmente, em função das reações de oxidação do etanol, o que contribuiu para a formação de acetaldeído e conduz à formação de ácido acético (REAZIN, 1981; LITCHEV, 1989). Além disso, alguns compostos oriundos da madeira como ácidos orgânicos não-voláteis, componentes

secundários, taninos e compostos fenólicos, favorecem o aumento da acidez da cachaça em envelhecimento.

Tabela 10. Valores médios dos parâmetros analisados após quatro meses de armazenamento

Parâmetros Avaliados	Amostra Controle (Vidro)	Madeira utilizada na confecção dos barris					
		Amburana	Bálsamo	Ipê	Jatobá	Jequitibá	Carvalho
Acidez Volátil (g/100 mL)	0,076	0,119	0,050	0,252	0,310	0,499	0,388
Álcool Metílico (mL/100 mL)	0,423	0,220	0,237	0,419	0,179	0,685	0,693
Álcool Superior (mL/100 mL)	0,272	0,106	0,117	0,300	0,185	0,313	0,305
Aldeído (g/100 mL)	0,016	0,049	0,012	0,446	0,206	0,020	0,029
Cobre (mg/L)	0,182	0,018	0,026	0,163	0,351	0,043	0,187
Éster (g/100 mL)	0,150	0,176	0,121	0,186	0,099	0,165	0,129
Extrato Seco (g/L)	0,100	0,286	0,385	0,688	0,643	1,009	1,256
Furfural (g/100 mL)	0,017	0,017	0,019	0,125	0,429	0,087	0,071
Grau Alcoólico (°GL)	43,69	47,30	47,39	45,36	41,22	42,84	44,00

A Legislação Brasileira mantém elevado o limite máximo de acidez volátil visando proteger a bebida envelhecida, cuja acidez sempre aumenta com o decorrer do período de armazenamento. Deste modo, uma cachaça de baixa acidez inicial pode revelar seu grau de maturação pelo aumento da acidez volátil; todavia isto não desqualifica o produto quanto ao aspecto sensorial, pelo conjunto agradável que forma com outros componentes.

Tabela 11. Valores médios dos parâmetros analisados após seis meses de armazenamento

Parâmetros Avaliados	Amostra Controle (Vidro)	Madeira utilizada na confecção dos barris					
		Amburana	Bálsamo	Ipê	Jatobá	Jequitibá	Carvalho
Acidez Volátil (g/100 mL)	0,078	0,183	0,060	0,255	0,337	0,650	0,578
Álcool Metílico (mL/100 mL)	0,421	0,210	0,219	0,423	0,166	0,693	0,694
Álcool Superior (mL/100 mL)	0,254	0,120	0,136	0,307	0,198	0,312	0,309
Aldeído (g/100 mL)	0,0167	0,053	0,015	0,316	0,302	0,024	0,022
Cobre (mg/L)	0,180	0,000	0,000	0,122	0,462	0,058	0,186
Éster (g/100 mL)	0,168	0,173	0,111	0,156	0,105	0,168	0,139
Extrato Seco (g/L)	0,100	0,300	0,451	0,756	0,770	1,429	1,526
Furfural (g/100 mL)	0,017	0,015	0,021	0,250	0,521	0,962	0,948
Grau Alcoólico (°GL)	43,83	48,13	47,89	46,90	40,38	43,45	44,28

Observou-se, ao final dos seis meses de armazenamento, maior concentração de ésteres pois, além das reações de esterificação entre os alcoóis e os ácidos da bebida, os ésteres são os principais compostos extraídos da madeira, pelos destilados. Essas substâncias são produzidas durante a fermentação pelas leveduras e também durante o envelhecimento, pela esterificação de ácidos graxos com etanol, sendo o acetato de etila o componente majoritário deste grupo (FARIA et al., 2003) e responsável pelo odor agradável das bebidas envelhecidas (LITCHEV, 1989). A concentração de ésteres praticamente triplicou durante o período de envelhecimento.

Em todas as amostras se observa que o teor de aldeídos aumentou ao longo dos 180 dias de envelhecimento do destilado. Uma das reações químicas mais importantes durante a maturação e que altera os componentes da bebida, são a oxidação e a formação de acetal.

Exemplos de oxidação são a formação de acetaldeído e ácido acético a partir do álcool etílico (REAZIN, 1981) e a formação de dimetilsulfóxido, a partir de dimetilsulfeto (PIGGOTT & CONNER, 2003). Os equilíbrios entre acetal e acetaldeído são estabelecidos também para muitos aldeídos e são particularmente importantes para um aroma específico, pois aldeídos têm, frequentemente, odor desagradável e pungente enquanto os acetais são agradáveis e frutados (PIGGOTT & CONNER, 2003).

O acetaldeído tem características de odor reportadas como “refrescante”, “frutado” e “verde”, contribuindo para o aroma final de aguardente, tanto pela redução do odor pungente desse aldeído majoritário na bebida, quanto pelo provimento das características de aroma citadas (NÓBREGA, 2003). O equilíbrio entre aldeídos livres, hemiacetal e acetal, é influenciado pelo pH e pela concentração de álcool etílico (PIGGOTT & CONNER, 2003) e também pelo tipo de madeira do tonel.

O teor de furfural também aumentou durante o envelhecimento, provavelmente em função da degradação de pentoses da madeira dos barris, conforme citado por Egorov & Rodopulo (1994). A Instrução Normativa nº 13, de 30 de junho de 2005 (BRASIL, 2005) considera separadamente furfural e hidroximetilfurfural, mas mantém o teor máximo conjunto de 5 mg/100 mL de álcool etanol anidro. No processo de produção esses compostos são formados sobretudo durante a destilação do vinho surgindo, predominantemente, como produto de cauda em alambiques, dependendo do tipo de aquecimento (FARIA et al., 2003).

Houve um acréscimo médio na concentração de álcoois superiores ao longo do experimento. Os álcoois superiores são produtos metabólicos decorrentes do crescimento das leveduras e do aproveitamento de aminoácidos como fonte de nutrientes amoniacais. Sua formação é também influenciada pelas condições do meio de fermentação, da quantidade e viabilidade do inóculo, da temperatura e do teor alcoólico final. Dependendo do equipamento e do processo de destilação, o teor no produto final pode variar bastante tendendo a aumentar em até oito vezes o seu teor no destilado, em comparação com o do vinho (LÉAUTÉ, 1990).

O álcool metílico em destilados tem origem na hidrólise de matérias pécicas. Como o teor de matérias pécicas em cana-de-açúcar é baixo, o teor de álcool metílico em seus destilados também é sempre baixo. O teor de cobre da aguardente diminuiu durante o período de envelhecimento.

O teor de extrato seco da aguardente aumentou com o período de envelhecimento, durante o qual o aumento do teor de extrato seco na cachaça ocorre em função da degradação da lignina pelo etanol em compostos aromáticos, como a vanilina, siringaldeído, coniferaldeído e sinapaldeído. Além da extração desses compostos pelo álcool etílico,

ocorrem ainda alterações na lignina em decorrência de oxidações e etanolise, as quais determinam denominações, como “vanila”, “adocicado” e “amadeirado” no destilado (PIGGOTT & CONNER, 2003).

Especificamente, ao se comparar os valores obtidos após os seis meses de armazenamento (envelhecimento) nas madeiras de amburana, bálsamo, ipê, jatobá e jequitibá com os valores da cachaça armazenada (envelhecida) na madeira de carvalho e com os padrões de qualidade estabelecidos pela Instrução Normativa nº 13, de 30 de junho de 2005 (Tabela 12), observa-se que o armazenamento (envelhecimento) em barris confeccionados com as madeiras ensaiadas alterou a composição química da cachaça.

Tabela 12. Comparação dos dados após seis meses do armazenamento com a Instrução Normativa nº 13, de 30 de junho de 2005 (BRASIL, 2005)

Parâmetros Avaliados	Norma	Madeira utilizada na confecção dos barris					
		Amburana	Bálsamo	Ipê	Jatobá	Jequitibá	Carvalho
Acidez Volátil (g/100 mL)	< 1,5	0,183	0,060	0,255	0,337	0,650	0,578
Álcool Metílico (mL/100 mL)	< 2,0	0,210	0,219	0,423	0,166	0,693	0,694
Álcool Superior (mL/100 mL)	< 0,36	0,120	0,136	0,307	0,198	0,312	0,309
Aldeído (g/100 mL)	< 0,3	0,053	0,015	0,316	0,302	0,024	0,022
Cobre (mg/L)	< 5,0	0,000	0,000	0,122	0,462	0,058	0,186
Éster (g/100 mL)	< 0,2	0,173	0,111	0,156	0,105	0,168	0,139
Extrato Seco (g/L)	< 6,0	0,300	0,451	0,756	0,770	1,429	1,526
Furfural (g/100 mL)	< 5,0	0,015	0,021	0,250	0,521	0,962	0,948
Grau Alcoólico (°GL)	38 a 48	48,13	47,89	46,90	40,38	43,45	44,28

Obviamente, cada madeira tem particularidade para o armazenamento de bebidas alcoólicas, porém em todos os casos a cachaça se manteve dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação nacional em vigor (BRASIL, 2005). Observa-se ainda que após os 180 dias de armazenamento as cachaças apresentaram, em geral, maiores concentrações de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural, álcoois superiores e extrato seco; já as concentrações de etanol e de metanol não se alteraram e o teor de cobre apresentou ligeiro declínio.

4.2. Análises organolépticas ou sensoriais das cachaças envelhecidas

As análises organolépticas ou sensoriais indicaram a preferência, pelos consumidores, quanto aos aspectos referentes a aroma, coloração e sabor das cachaças. Os testes afetivos são utilizados quando se necessita conhecer o quanto o consumidor gosta ou não de um produto, por meio da aplicação de uma escala hedônica. Dos valores relativos de aceitabilidade podem inferir na preferência, ou seja, as amostras mais aceitas são as mais aceitas e vice-versa (MEILGAARD et al., 1991).

Ao final dos seis meses de armazenamento (envelhecimento), a partir da degustação por parte de 30 voluntários pré-selecionados, foram preenchidos questionários de acordo com modelo apresentado no Anexo 1A, ao avaliarem o aroma, a cor e sabor das cachaças envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras de amburana, bálsamo, ipê, jatobá e jequitibá, em relação à amostra armazenada em frasco de vidro.

A amostra armazenada em madeira de carvalho não foi incluída na análise sensorial, subentendendo-se a preferência da maioria dos consumidores de um modo geral pela mesma, tendo o objetivo apenas de se comparar a preferência das características organolépticas das demais madeiras entre si.

4.2.1 Preferência quanto ao aroma da cachaça

Quanto ao aroma, as cachaças envelhecidas nas madeiras de bálsamo e amburana obtiveram maior aceitação entre os consumidores questionados (Figura 16). Nas análises químicas realizadas em laboratório, observou-se que a madeira de bálsamo incorporou maior quantidade de extrativos à bebida, quando comparada com as demais, deixando-a com cheiro mais acentuado e agradável à grande maioria dos consumidores.

Os extrativos da madeira que passam para a cachaça durante o armazenamento (envelhecimento) trazem os componentes aromatizantes peculiares da espécie e, quanto maior

a quantidade de compostos aromatizantes maior também é o aroma incorporado à bebida, pela madeira.

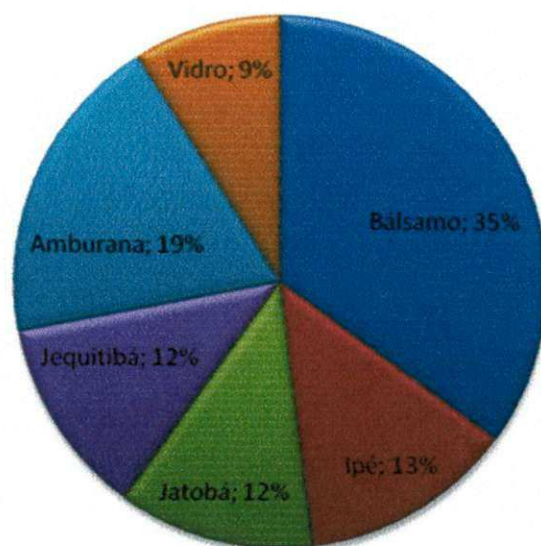


Figura 16. Preferência dos consumidores questionados quanto ao aroma da cachaça

4.2.2 Preferência quanto à cor da cachaça

No quesito coloração, os valores foram semelhantes aos apresentados para o aroma, tendo a cachaça envelhecida na madeira de bálsamo maior aceitação, seguida das madeiras de amburana e ipê, com 21% cada uma, as quais apresentaram aspecto amarelado, agradando aos consumidores (Figura 17). Os extrativos existentes na madeira de bálsamo conferem coloração amarelo-avermelhado à bebida e, como a concentração desses extrativos é alta na espécie, a coloração da cachaça fica bastante acentuada.

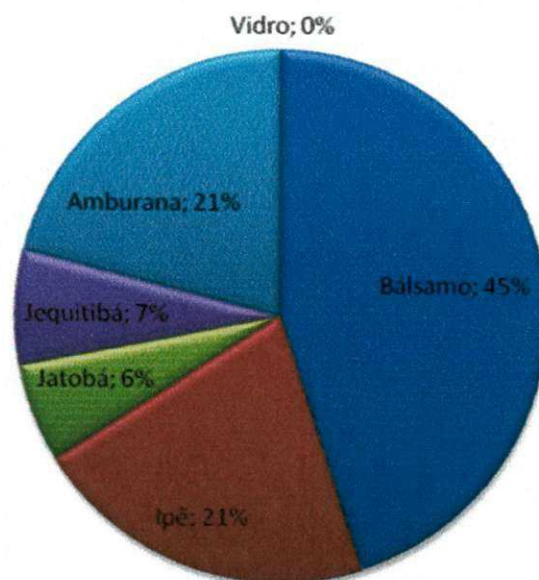


Figura 17. Preferência dos consumidores questionados quanto à coloração da cachaça

4.2.3 Preferência quanto ao sabor da cachaça

A avaliação do sabor criou maior equidade nos resultados conferindo, às cachaças armazenadas em barris de amburana ou de bálamo valores praticamente iguais (Figura 18). A madeira de amburana, apesar de sua concentração de extrativos menor que a de bálamo, incorpora um sabor agradável e menos adstringente à bebida.

Outro resultado interessante foi que a preferência pelos consumidores para a cachaça armazenada (envelhecida) em barris confeccionados com madeira de jequitibá e para a armazenada em vasilhame de vidro, foi praticamente a mesma, tendo a madeira de jequitibá também incorporado pouco aroma e cor à cachaça.

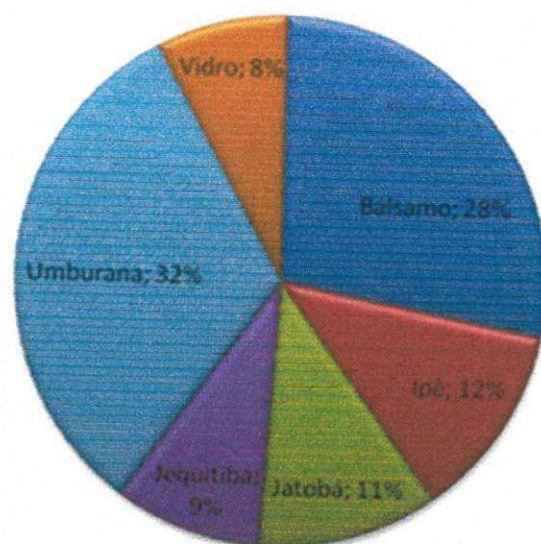


Figura 18. Preferência dos consumidores questionados quanto ao sabor da cachaça

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A cachaça armazenada em barris confeccionados com a madeira de bálsamo (*Myroxylon peruiferum*) se assimilou, quanto às características físico-químicas, com a armazenada em barris de carvalho.

Após os seis meses de armazenamento nos barris de madeira as cachaças apresentaram maiores concentrações de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural, álcoois superiores, congêneres e extrato seco.

As concentrações de etanol e de metanol não se alteraram e o teor de cobre apresentou ligeiro declínio com o tempo de armazenamento.

As características sensoriais das cachaças melhoraram com o tempo de envelhecimento, apresentando melhor aroma, sabor e mudança de coloração, quando comparadas com a armazenada em recipiente de vidro.

Na preferência dos degustadores voluntários selecionados as cachaças armazenadas nas madeiras de amburana e bálsamo foram as melhores quanto às características organolépticas, pela incorporação de gosto, cor e sabor mais agradáveis.

Ao final do período de envelhecimento todas as cachaças avaliadas continuaram dentro dos padrões de qualidade, estabelecidos pela Legislação Brasileira.

Recomenda-se a utilização de análises físico-químicas e organolépticas, semelhantes às empregadas nesta pesquisa, para avaliar a qualidade de madeiras nativas do semiárido brasileiro visando ao armazenamento de cachaça e de outras bebidas alcoólicas.

Analisar os componentes extraídos das madeiras pelas cachaças, por meio de análises, a fim de identificá-los e verificar se os mesmos podem ou não causar problemas de saúde às pessoas que os ingerirem.

Pesquisas com a utilização de barris menores pelas empresas, com capacidade aproximada de 50 litros, visando à diminuição do tempo de armazenamento (envelhecimento) da cachaça, uma vez que em recipientes menores são esperadas produções maiores de extrato e envelhecimento em um período mais curto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA (Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação). **Compêndio da legislação de alimentos: consolidação das normas e padrões de alimentos**. São Paulo: ABIA, 2v. pág. irreg., 1993.

ABRABE (Associação Brasileira de Bebidas). **Cachaça: mercado brasileiro**. São Paulo: ABRABE, p.7, 1997.

ABRABE (Associação Brasileira de Bebidas). **Produção de Aguardente de Cana**. São Paulo: ABRABE, p.13, 2005.

ALCARDE, E. **Envelhecimento de aguardentes**. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", p.37, 1996.

ANDRADE, D.A. **Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (cachaca, tiquira, uísque e garapa)**. Química Nova, v.5. cap.1, p.13-16, 2001.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Varela, p.223, 1989.

BÔSCOLO, M.; LIMA NETO, B.S.E.; FRANCO, D.W. **O envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar em tonéis de madeira**. Rev. Téc. Beb. Alim., v.6. p.30-33, 1995.

BOZA, Y.E.A.G.; OETTERER, M. **Envelhecimento de aguardente de cana**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.33. p.8-15, 1999.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Instrução Normativa n ° 13 de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de junho de 2005.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria n ° 076 de 27 de novembro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 03 de dezembro de 1986.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria n ° 2.314 de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 de setembro de 1997.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria n ° 371 de 18 de setembro de 1974. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 de setembro de 1974.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Portaria n ° 4.072 de 03 de janeiro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 04 de janeiro de 2002.

CALPHOTOS, *Quercus* sp.; oak. Disponível em: <http://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?where-taxon=Quercus+sp.>. Acesso em: 14 jun. 2009.

CAMPOS, J.O.S.; CASIMIRO, A.R.S. de. **Importância dos barris de madeira no envelhecimento de cachaça**. São Paulo: Engarrafador Moderno, p.12, 2000.

CANTRAGEL, R.; MAZEROLLES, G.; VIDAL, J.P.; LABLANQUIE, O.; BOULESTEIX, J.M. **L'assemblage: une étape importante dans le processus de élaboration des cognac**. In: BERTRANT, A. (ed.) *Lês eaux-de-vie traditionnelles d'origine viticole*. Paris: Lavoisier, p.243-254, 1990.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise tempo-intensidade de características sensoriais de cachaça de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus* sp.). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.15, n.2, p.87-100, 1999.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise da aceitação de aguardentes de cana por testes afetivos e mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v.33, n.1, p27-34, 2000.

CARDOSO, M.G. **Análises físico-químicas de aguardente**. Produção de aguardente de cana-de-açúcar. Lavras: Editora UFLA, cap.5, p.152-173, 2001.

COSTA, A.; CRUZ, J.V.; QUEIROZ, G., FREIRE, P. **Estudos químicos de bebidas com influência de diferentes pressões**. Rio de Janeiro: Imagine, p.50-52, 2002.

DUARTE, S.C. Efeitos de diferentes materiais sobre a composição química de bebidas alcoólicas. Belo Horizonte: Editora Letras, p.109, 2008.

EGOROV, I.A.; RODOPULO, A.K. Investigation of aroma-forming substances In cognac spirits In their aging process. Applied Biochemistry and Microbiology, v.30, n.4/5, p.539-542, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA Florestas. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/>>. Acesso em: 2 fev. 2007.

FARIA, J.B.; CARDELLO, H.M.A.B.; FRANCO, D.W.; BÔSCOLO, M. Influência do tipo de madeira de tonéis para envelhecimento de aguardente de cana em sua aceitabilidade. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, p.57, 1998.

FERREIRA, C.A. et al. Estudo de material orgânico e nutrientes em plantios de cana-de-açúcar. São Paulo: Boletim de Pesquisa, 140p., 2003.

Formação Numérica de Produtividade – FNP. Agrianual 2004: A potência do álcool nos próximos anos. São Paulo: FNP, p.213-215, 2008.

GRAVATÁ, C.E.S.; GONÇALVES, L.O. Almanaque da cachaça. Belo Horizonte: janela gráfica, 160p., 1991.

GUAJUME, SILVANA. Da cana: tipicamente nacional. São Paulo: Metrópole, 140p., 2009.

Instituto Brasileiro de Cachaça – IBRAC. Dados do mercado interno e externo. Disponível em <http://www.ibrac.net>. Acessado em abril de 2009.

LÉAUTÉ, R. Distillation in alambic. American Journal of Enology and Viticulture, v.41, n.1, p.90-103, 1990.

LIMA, U.A. **Produção nacional de aguardentes e potencialidade dos mercados internos e externo.** In: MUTTON, M.J.R., MUTTON, M.A. (eds.). **Aguardente de cana: produção e qualidade.** Jaboticabal: FUNEP, cap.5, v.4, p.145-182, 1983.

LIMA, U. de A. **Aguardentes.** In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. de A. (Ed.) **Biotecnologia na produção de alimentos.** São Paulo: Edgard Blucher, p.151-163, 2001.

LITCHEV, V. **Influence of oxidation process on the development of the taste and flavor of wine distillates.** *American Journal of Enology and Viticulture*, v.40, n.1, p.31-35, 1989.

LÓPEZ, R. **Cachaça amplia potencial de consumo no mercado externo.** *Engarrafor Moderno*, p.18-24, 2003.

MADEZAPI, J.A. **Potencial da madeira de agregar valor à cachaça de alambique.** São Paulo: Informe, p.17-19, 1994.

MAGA, J.A. **The contribution of wood to the flavor of alcoholic beverages.** *Food Rev. Int.* v.5, p.39-99, 1989.

MAGA, J.A. **Studies about the influence of woods and the physical and chemical aspects.** *Food Rev. Int.* 130p., 1996.

MAIA, A.B. et al. **Componentes secundários da aguardente.** STAB. Açúcar, álcool e subprodutos, v.12, p.29-34, 1994.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Madeiras, 1989. 418p. (Publicação IPT, 1791).

MARTINELLI, A.M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation in quality control.** New York: Van Nostrand Reinhold, 387p., 2000.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. New York: CRC Press, p.152-158, 1991.

MONÇÕES, F.V. **Processo de fabricação de barris**. Belo Horizonte: Ideia, 72p., 2003.

MONTOUNET, M.; RABIER, P.H.; PUECH, J.L.; VERETTE, E.; BARILLÈRE, J.M. **Analysis by HPLC of extractable substances in oak wood application to chardonnay wine**. Sci. Alim., 1061 p., 1985.

MORAES, F.V. Como controlar a qualidade da cachaça. **Engarrafador Moderno**, v.2, p.29-36, 2001.

MORRISON, C.; BOYD, J.D. **Avaliação e caracterização dos principais compostos químicos da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de carvalho (*Quercus* sp.)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1061p., 1972.

MUTTON, M.R.; MUTTON, M.A. (ed.) **Aguardente de cana: produção e qualidade**. Jaboticabal: Fundação Estadual de Pesquisas Agronômicas, 171p., 1992.

NICOL, D.A. Rum. In: LEA, A.G.H.; PIGGOT, J.R. (ed.) **Fermented beverage productions**. 2 ed. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, cap.12, p.263-287, 2003.

NISHIMURA, K., MATSUYAMA, R. Maturation and maturation chemistry. In: PIGGOTT, J.R., SHARP, R., DUNCAN, R.E.B. (eds.). **The science and technology of whiskies**. New York: Longman Scientific & Technical, cap.8, p.235-264, 1989.

NÓBREGA, I.C.C. **Análise dos compostos voláteis da aguardente de cana por concentração dinâmica do "headspace" e cromatografia gasosa-espectrometria de massas**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.23, n.2, p.210-216, 2003.

PALMER, S. **Vieillissement & assemblage. Segonzac: Université Des Eaux de Viet Et Boissons**. Spirituruses, 29p., 1994.

PATERSON, A.; PIGGOT, J.R. The contributions of the process to flavor in Scotch malt. Whisky. In: PIGGOT, J.R.; PATERSON, A. (ed.) **Distilled beverage flavor: origin and development**. Chichester: Ellis Horwood, cap.13, p.151-170, 1989.

PEREIRA, D.D. **Plantas, prosas e poesias do semi-árido**. 1 ed. Campina Grande: EDUEFCG, 219p., 2005.

PHILP, J.M. cask quality and warehouse conditions. In: PIGGOT, R.J.; SHARP, R.; DUNCAN, R.E.B. (Ed.) **The science and technology of whiskies**. New York: Longman, cap.9., p.264-295, 1989.

PIGGOTT, J.R.; CONNER, S.P. **Descriptive sensoru analysis of whisky flavor**. J. Inst. Brewning, cap.11, p.239-262, 2003.

PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N.P. (Coord.). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 533p., 1985.

PUECH, J.L.; MOUTOUNET, M. **Liquid chromatographic determination os scopoletin in hydroalcoholic extract of oak wood and in matured distilled alcoholic beverages**. J. Assoc. Off. Anal. Chem., v.71, p.512-514, 1984.

REAZIN, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2. ed., São Paulo: Edgard Blücher Ltda., v.32, n.4, p.283-289, 1981.

SAKAI, R. **Pós-produção da cachaça**. São Paulo: Agência de Informação da Embrapa, 189p., 2008.

SARNI, F.; MOUTOUNET, M.; PUECH, J.L.; RABIER, P.H. **Effect os heat treatment of oak wood extractable compounds**. Holzforsch., v.44, p.1247-1261, 1990.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. **Exportação de cachaça pode ser saída para reduzir carga tributária.** Disponível em: <www.sebrae.com.br> Acessado em junho de 2009.

SEFTON, M.D.C.A.; DEL MASTRO, N.L. Irradiation of cane sugar spirit. **Radiation Physics and Chemistry**, v.38, n.11, p.2045-2049, 1990.

SINGLETON, V.L. **Using wooden cooperage in the winery today.** *Vinífera W. G. J.*, v.6, p.227-238, 1985.

VALSESHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 90p., 1960.

WILLIAMS, A.A. **Summing up: developments in the flavour of distilled beverages.** Chichester: Ellis Horwood, cap.29, p.329-334, 1989.

YOKOYA, F. **Fabricação da cachaça de cana.** Campinas: Fundação tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 238p., 1995.

ANEXO

ANEXO A - Análise organoléptica (sensorial) da cachaça

Figura 1A. Questionário utilizado para avaliação sensorial das cachaças

Questionário
Avaliação Sensorial

Nome: _____ Data: _____
Idade: _____ Sexo: _____

Com os olhos vendados, faça sua avaliação quanto ao sabor e aroma:

	Muito Ruim	Ruim	Boa	Muito Boa	Ótima
Amostra 1					
Amostra 2					
Amostra 3					
Amostra 4					
Amostra 5					
Amostra 6					

Quanto ao aspecto geral (cor, aroma e sabor):

Qual a melhor? Algum motivo em especial?

Qual a pior? Algum motivo em especial?