

**ANÁLISES DAS MUDANÇAS FÍSICO -
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE CACHAÇAS
ENVELHECIDAS SUBMETIDAS À
FILTRAGEM COM CARVÃO DE UM FILTRO
COMERCIAL**

FELIPE CIMINO DUARTE

2009

FELIPE CIMINO DUARTE

**ANÁLISES DAS MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE
CACHAÇAS ENVELHECIDAS SUBMETIDAS À FILTRAGEM COM
CARVÃO DE UM FILTRO COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência dos Alimentos para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora
Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Cardoso

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Duarte, Felipe Cimino.
Análises das mudanças físico-químicas e sensoriais de cachaças
envelhecidas submetidas à filtração com carvão de um filtro
comercial / Felipe Cimino Duarte. – Lavras : UFLA, 2009.
87 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Maria das Graças Cardoso.
Bibliografia.

1. Aguardente de cana. 2. Filtração. 3. Análise físico-química. 4.
Análise sensorial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 663.53

FELIPE CIMINO DUARTE

**ANÁLISES DAS MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE
CACHAÇAS ENVELHECIDAS SUBMETIDAS À FILTRAGEM COM
CARVÃO DE UM FILTRO COMERCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em
Ciência dos Alimentos para obtenção do título
de “Mestre”.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2009

Prof. Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

UFMT

Prof. Dr. David Lee Nelson

UFMG

Prof. Dr^a. Maria das Graças Cardoso
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

A Deus, pela proteção e concessão desta graça alcançada!

Aos meus pais Jairo e Maria Alzira, meu irmão Fabrício, minha avó
Lília e tia Maristela.

Aos meus orientadores e aos meus verdadeiros amigos.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela proteção e forças durante toda esta caminhada para a obtenção deste título.

Aos meus familiares, que sempre me apoiaram e incentivaram na busca de minha formação pessoal e intelectual.

À profa. Maria das Graças Cardoso, pela orientação, confiança, incentivo, ensinamentos, amizade e muito apoio durante a pós-graduação.

À profa. Ana Carla M. Pinheiro, pela co-orientação, ensinamentos, incentivo, amizade e apoio durante minhas análises e principalmente pela ajuda na tabulação e análise dos dados.

Ao prof. David Lee Nelson, pela iniciação na carreira científica e orientações.

À Universidade Federal de Lavras e aos Departamentos de Ciência dos Alimentos/DCA e de Química/DQI, pela oportunidade de realização deste curso e utilização de seus laboratórios.

Aos professores do DCA/UFLA, pela amizade e ensinamentos.

Aos produtores de aguardente de cana, que gentilmente nos forneceram amostras para este projeto.

Aos professores e funcionários do DQI, pela convivência e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Análises Físico-Químicas de Aguardente (LAFQA)/DQI/UFLA, Ana Eliza, Ana Maria, Cleuza, César, Hebe, Jeancarlo, José Masson, Lidiany, Leonardo e Wilder, pelo apoio nas análises.

Aos demais colegas do Laboratório de Óleos Essenciais, Rafaela, Luís Gustavo, Milene, Paula, Érika, Aline e Juliana, pela amizade e colaboração.

Às secretárias do DCA-UFLA, Rafaela, Talita e Lucilene e do DQI-UFLA Lilian, Miriam, Shirley e Ana, pela dedicação no atendimento, pela amizade e por estarem sempre dispostas a colaborar.

À Fapemig, pelo suporte financeiro.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Histórico sobre a aguardente de cana.....	4
2.2 Definição de aguardente e cachaça pela Legislação Brasileira.....	5
2.3 Mercado e comercialização	6
2.4 Matéria-prima	7
2.5 Processo de produção de aguardente de cana	9
2.5.1 Fermentação.....	11
2.5.2 Destilação	12
2.5.3 Envelhecimento	13
2.6 Madeiras utilizadas para envelhecimentos das aguardentes em estudo	15
2.6.1 Amburana	15
2.6.2 Bálsamo	15
2.6.3 Castanheira	16
2.6.4 Carvalho.....	16
2.6.5 Jequitibá-rosa.....	16
2.6.6 Louro-canela	17
2.7 Compostos secundários da aguardente de cana	17
2.7.1 Ácidos.....	17

2.7.2 Aldeídos.....	18
2.7.3 Ésteres.....	18
2.7.4 Álcoois superiores.....	18
2.7.5 Metanol.....	19
2.7.6 Furfural.....	20
2.7.7 Cobre.....	20
2.8 Processo de adsorção.....	22
2.11 Análise Sensorial.....	24
2.11.1 Método descritivo.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Obtenção das amostras de aguardente de cana.....	31
3.2 Filtragem das amostras.....	33
3.3 Análises físico-químicas.....	33
3.3.1 Exame organoléptico.....	34
3.3.2 Teor alcoólico.....	34
3.3.3 Extrato seco.....	34
3.3.4 Acidez volátil.....	34
3.3.5 Álcoois superiores.....	35
3.3.6 Aldeídos.....	35
3.3.7 Furfural.....	35
3.3.8 Ésteres.....	35
3.3.8 Metanol.....	36
3.3.10 Cobre.....	36
3.3.11 Densidade.....	36
3.3.12 Soma dos compostos secundários.....	36
3.4 Análise sensorial.....	37
3.4.1 Análise descritiva e quantitativa.....	37
3.4.1.1 Recrutamento e pré-seleção dos provadores.....	37

3.4.1.2 Levantamento dos termos descritores e treinamento	38
3.4.1.3 Seleção dos julgadores	40
3.4.2.3 Avaliação das amostras: análise de ADQ	41
3.5 Análise Estatística	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 Análises físico-químicas	43
4.1.1 Exame organoléptico	44
4.1.2 Metanol	44
4.1.3 Extrato seco (ES)	44
4.1.4 Grau alcoólico	45
4.1.5 Álcoois superiores	47
4.1.6 Acidez volátil	48
4.1.7 Aldeídos	50
4.1.8 Ésteres	51
4.1.9 Cobre	53
4.1.10 Furfural	55
4.1.11 Soma dos compostos secundários	56
4.1.12 Densidade	57
4.2 Análise sensorial	59
4.2.1 Análise descritiva quantitativa ADQ [®]	59
4.2.2 Treinamento e seleção de provadores	59
4.2.4 Avaliação das amostras: análise de ADQ [®]	60
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Massa	Miligramas por litro	(mg L ⁻¹)
Massa	Gramas por litro	(g L ⁻¹)
Massa	Gramas	(g)
Massa	Microgramas por litro	(μg L ⁻¹)
Massa	Quilograma por hectare	(Kg ha ⁻¹)
Temperatura	Graus Celsius	(°C)

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Amostras de cachaça coletadas nos alambiques.....	32
TABELA 2	Definições e referências dos termos descritores levantados pelos provadores.....	39
TABELA 3	Valores médios da concentração de extrato seco em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	45
TABELA 4	Valores médios da concentração de grau alcoólico em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	46
TABELA 5	Valores médios da concentração de álcoois superiores em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	48
TABELA 6	Valores médios da concentração de acidez volátil em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	49
TABELA 7	Valores médios da concentração de aldeídos em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	50
TABELA 8	Valores médios da concentração de ésteres em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	52
TABELA 9	Valores médios da concentração de cobre em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	53
TABELA 10	Valores médios da concentração do furfural em	

	cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	55
TABELA 11	Valores médios da concentração de soma dos compostos secundários em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	57
TABELA 12	Valores médios da concentração da densidade em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial.....	58
TABELA 13	Desempenho de sete provadores para discriminação entre amostras ($pr > 0,05$ entre amostras).....	59
TABELA 14	Desempenho de sete provadores para discriminação entre repetição ($pr > maior$ que 0,05 entre amostras)....	60
TABELA 15	Valores da probabilidade de F para amostras L3-F3, provador e interação de amostra com provador.....	61
TABELA 16	Valores da probabilidade de F para amostras L9-F9, provador e interação de amostra com provador.....	61
TABELA 17	Médias das notas dos provadores para os atributos de cor, aroma de madeira, aroma alcoólico, sabor de madeira e sabor alcoólico.....	62

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Fluxograma geral da fabricação da cachaça artesanal.....	10
FIGURA 2 Localização das papilas gustativas na língua.....	25
FIGURA 3 Esquema de um botão gustativo.....	26
FIGURA 4 Localização do sentido do olfato.....	27
FIGURA 5 Mecanismo de percepção do retrogosto.....	27
FIGURA 6 Aspecto geral da coluna utilizada para filtragem das cachaças.....	33
FIGURA 7 Ilustração das amostras servidas aos provadores.....	41

RESUMO

Duarte, Felipe Cimino. **Análises das mudanças físico-químicas e sensoriais de cachaças envelhecidas submetidas à filtração com carvão de um filtro comercial.** 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG.¹

A cachaça é uma bebida considerada símbolo nacional, sendo produzida por grandes produtores, que são detentores das grandes marcas que dominam o mercado, e por cerca de 30 mil pequenos e médios produtores de alambiques artesanais espalhados por todo País. O estado de Minas Gerais é o maior produtor da bebida artesanal destilada em alambiques de cobre. Devido à falta de instrução e/ou mesmo desleixo por parte de alguns alambiqueiros, o cobre oriundo dos alambiques artesanais torna-se um grande problema, pois esse metal, em grandes concentrações na bebida, pode acarretar sérias doenças à saúde humana. Assim, objetivou-se estudar a influência do carvão utilizado nos filtros comerciais sobre a remoção de cobre e dos congêneres e também sobre qualidade sensorial da bebida. Uma técnica muito utilizada para a remoção do metal é a utilização de materiais adsorventes. Neste trabalho, utilizou-se uma coluna com carvão de um filtro comercial para a filtração das amostras, verificando as diferenças antes e após a filtração das aguardentes de cana envelhecidas. Nas Análises Físico-Químicas, foi verificaram-se a diminuição da concentração de cobre, furfural, graduação alcoólica, álcoois superiores, acidez volátil, extrato seco e aldeídos e aumento da concentração de éster, responsável pelo buquê característico da bebida. Na Análise Sensorial Descritiva e Quantitativa (ADQ[®]), os provadores treinados detectaram diminuição, principalmente, das intensidades das características cor, aroma e sabor de madeira.

¹ Comitê Orientador: Maria das Graças Cardoso - UFLA (Orientadora); Ana Carla Marques Pinheiro – UFLA - (Co-orientadora)

ABSTRACT

Duarte, Felipe Cimino. **Analysis of the physical-chemical and sensorial changes of aged sugar cane spirits submitted to filtering with carbon from a commercial filter.** 2009. 87 p. Dissertation (Master in Food Science) - Federal University of Lavras, Lavras/MG.¹

Sugar cane spirits is a drink considered a national symbol, being produced by large producers, which are holders of the large trade-marks that dominate the market, and by about 30 thousand small and medium producers in artisanal stills dispersed throughout the whole country. The state of Minas Gerais is the largest producer of the artisanal drink distilled in copper stills. Due to the lack of instruction and/or negligence on the part of some distillers, the copper originating from the artisanal stills becomes a great problem, because that metal, in high concentrations in the drink, can result in serious problems to human health. As such, it was aimed to study the influence of the carbon used in the commercial filters on the removal of copper and of similars, and also on the sensorial quality of the drink. A much used technique for the removal of the metal is the use of adsorbent materials. In this work, a column with carbon from a commercial filter was used to filter the samples, verifying the differences before and after the filtering of the aged cane liquors. In the physiochemical analyses, the decrease of the copper concentration, furfural, alcohol level, superior alcohols, volatile acidity, dry extract and aldehydes was verified and an increase of the ester concentration, responsible for the characteristic bouquet of the drink, was also verified. In the Descriptive Quantitative Sensorial Analysis (ADQ®), the trained tasters detected a decrease, mainly, in the intensity of the color, aroma and woody flavor characteristics.

¹ Orientation Committee: Maria das Graças Cardoso - UFLA (Advisor); Ana Carla Marques Pinheiro – UFLA - (Co-advisor)

1 INTRODUÇÃO

A cachaça faz parte da classe de bebidas alcoólicas fermento-destiladas e distingue-se das demais pela presença de componentes secundários que irão formar um “buquê” característico de cada bebida. Ao término do processo de destilação, o líquido passa ou não por um processo de envelhecimento em tonéis de madeira. Nesses recipientes ocorrem transformações de natureza física e química que melhoram as características sensoriais da bebida, incorporando aromas conforme a absorção dos componentes da madeira utilizada no envelhecimento. Ocorre também a transformação do produto originalmente forte em um produto com características mais suaves e desejáveis, aumentando sua aceitabilidade no mercado e, conseqüentemente, ao consumidor (Cardello & Faria 2000). No processo de envelhecimento, ocorrem diversas reações químicas que proporcionam a incorporação de compostos provenientes das madeiras dos barris, bem como reações entre alguns compostos presentes na bebida oriundos de etapas anteriores ao envelhecimento. Entre os diversos compostos extraídos da madeira do barril, os compostos fenólicos são considerados de extrema importância em razão dos possíveis benefícios que eles podem trazer à saúde humana.

O estado de Minas Gerais é o maior produtor da bebida artesanal, com aproximadamente 8500 produtores e 600 marcas registradas no Ministério da Agricultura, gerando cerca de 240 mil empregos diretos e indiretos. Considerando o preço médio da dose de cachaça vendida nos diversos pontos de varejo, estima-se que o faturamento anual desse produto gire em torno de R\$ 1,6 bilhão. Economicamente, o setor formal de produção da bebida constitui-se de grandes produtores que fazem a destilação em coluna e de engarrafadores, detentores das grandes marcas que dominam o mercado. Verifica-se, entretanto,

um número restrito de cooperativas e de pequenos produtores de alambique nesse setor, atualmente constituído por cerca de 30 mil pequenos e médios produtores de cachaça de alambique, dispersos nas diversas regiões do País (Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2007; Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae 2008).

Além do processo de melhoria do produto, há uma preocupação de ordem econômica que surge em decorrência do aumento da demanda exigida pelos mercados interno e externo. Com o crescimento da exportação, o mercado passou a exigir melhor qualidade da bebida. Em consequência dessa demanda, despertou-se entre alguns produtores e órgãos do governo a necessidade de melhorar a qualidade da cachaça, mediante investimentos em pesquisas e tecnologia. Dessa forma, vários estudos e pesquisas têm sido realizados em toda cadeia produtiva da cachaça desde o plantio até a comercialização, visando tanto à melhoria do produto final quanto ao incremento financeiro destinado ao produtor.

Entre os metais presentes, a quantidade de cobre na bebida tem preocupado o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Originado durante o processo de destilação, o seu valor na bebida não deve ultrapassar 5 mg.L^{-1} (Brasil, 2005). Contudo, esse valor estabelecido ainda não é observado pela maioria dos produtores, o que constitui um entrave na exportação do produto.

Diante desse problema, supõe-se viável, como medida de controle, a utilização de filtros de carvão e adsorventes para a remoção desse metal. No entanto, além dos congêneres, outros compostos como aqueles extraídos da madeira podem ser adsorvidos pela filtragem na coluna contendo carvão de um filtro comercial, fazendo com que a bebida adquira as mesmas características de uma cachaça recém-destilada, de gosto forte e adstringente.

Os aspectos gerais da qualidade da cachaça e de seu controle, associados à sua importância, exigem a realização de análises físico-químicas, objetivando a boa qualidade do produto, necessitando, assim, conhecer a composição tanto inorgânica quanto orgânica da bebida. Diante disso, conhecer e seguir os padrões de qualidade é fundamental para o controle e a garantia dessa bebida nos cenários nacional e internacional. Além disso, cresce a necessidade de conhecer e controlar os principais componentes capazes de prejudicar a qualidade da bebida, uma vez que é imprescindível o conhecimento das características sensoriais do produto.

Diante do exposto, no presente trabalho objetivou-se avaliar as diferenças existentes na composição físico-química e na qualidade sensorial das cachaças envelhecidas antes e após o processo de utilização de filtros contendo carvão de um filtro comercial, visando a melhorar a qualidade do produto no mercado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico sobre a aguardente de cana

No Brasil, o conhecimento sobre a produção da cana-de-açúcar e o consumo da cachaça remontam ao século XVI. Esse processo começou quando os primeiros donatários portugueses decidiram iniciar seus empreendimentos, implementando no engenho de açúcar os conhecimentos e a tecnologia adquiridos nas Índias Orientais.

Entre os anos de 1532 e 1548, um senhor de engenho, pertencente à Capitania de São Vicente, descobriu o vinho de cana-de-açúcar, que passou ser denominado de garapa azeda. A bebida deveria ficar ao relento em cochos de madeiras utilizadas pelos animais, ou então ficar nos tachos de rapadura. Logo depois, outros senhores de engenho passaram a servir o tal caldo denominado de cagaça aos escravos. Com o passar do tempo, a cagaça passou a ser designada pelo nome de cachaça.

Durante séculos a bebida foi marginalizada e discriminada em decorrência do seu consumo estar associado às classes mais baixas. Contudo, nas últimas décadas do século XX e início do XXI, o seu reconhecimento internacional tem contribuído para diminuir o índice de rejeição entre os próprios brasileiros, alçando um status de bebida nobre e requintada, merecedora dos mais exigentes paladares.

Atualmente, várias marcas de boa qualidade figuram no comércio nacional e internacional e estão presentes nos melhores restaurantes e adegas residenciais do Brasil e do mundo, notadamente na Europa e Estados Unidos (Cardoso, 2006).

2.2 Definição de aguardente e cachaça pela Legislação Brasileira

As aguardentes são bebidas alcoólicas obtidas por destilados de líquidos que contêm álcool etílico em sua composição. O conteúdo em álcool deriva da fermentação de açúcares contidos na cana-de-açúcar, sendo o álcool produzido e, posteriormente, concentrado mediante processo de destilação. Nessa operação, algumas substâncias que acompanham o etanol são chamadas de componentes secundários. Essas contribuem para conferir aos diferentes destilados características peculiares de aroma e sabor, que são modificados ou intensificados pela maturação ou envelhecimento em tonéis de madeira, sob condições adequadas (Lima, 2001).

O Decreto n. 2.314 de 1997, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, define como sendo bebida “todo produto industrializado destinado à ingestão humana, em estado líquido, sem finalidade medicamentosa ou terapêutica, com graduação alcoólica acima de 0,5% em volume a 20° C”. (Brasil, 1997).

Nessa categoria, encontra-se a aguardente de cana, definida como bebida com teor alcoólico situado entre 38% e 54 % do volume a 20°C, obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo do mesmo vegetal, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/L, expressos em sacarose. Por outro lado, define-se como cachaça a bebida típica e exclusiva originária da cana-de-açúcar produzida no Brasil. Sua “graduação alcoólica situa-se entre os valores de 38% a 48% do volume a 20°C”, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana com características sensoriais peculiares, podendo ser “adicionada de açúcares até 6g/L, expressos em sacarose” (Brasil, 2005).

2.3 Mercado e comercialização

Segundo dados do Instituto Brasileiro da Cachaça (Ibrac), em 2008, ocorreu um aumento significativo da exportação de cachaça. Fazendo um retrospecto sobre a exportação do produto, pode-se observar a sua evolução em anos anteriores. Em 2007, por exemplo, foram exportados US\$ 13,83 milhões e 9,05 milhões em litros. Em 2006, a exportação obteve US\$ 14,4 milhões para 11,32 milhões de litros de cachaça. Comparando as vendas do produto até maio de 2007, em relação ao mesmo período de 2008, pode-se constatar que ocorreu um crescimento de 37% em termos dos valores obtidos em divisa e 46% em relação ao volume de litros exportado. A exportação do ano de 2008 foi de 12 milhões de litros, gerando cerca de US\$ 19 milhões de dólares.

A Associação Mineira de Produtores de Cachaça de Qualidade (Ampaq) desempenhou um papel pioneiro de mobilização dos produtores de cachaça no Brasil. Para isso, a Ampaq realizou, pela primeira vez, uma reunião com os produtores de cachaça de Minas Gerais, com vistas à sua organização em defesa de interesses comuns ao setor. Desde então, desencadeou-se um processo de organização crescente dos produtores nacionais e estaduais, com a criação de cooperativas e associações, motivando a realização de diversas feiras nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Pernambuco e Paraná, objetivando a mobilização dos produtores, no sentido de contribuírem para a demonstração do potencial da cachaça nos mercados nacional e internacional (Ampaq, 2006).

Dessa forma, o setor passou a aglutinar-se em torno de interesses comuns e a perceber a necessidade de uma ação propriamente política, para que a cachaça fosse reconhecida como indicação geográfica do Brasil, produto genuinamente brasileiro, capaz de conquistar um lugar no mercado internacional, onde a "caipirinha", amplamente divulgada pela mídia, já confirma esse potencial e, certamente, serviu de estímulo para que o setor

tomasse consciência da existência das possibilidades ainda inexploradas. O processo de internacionalização do produto intensificou-se por meio de reuniões periódicas promovidas pelo Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Cachaça (PBDAC) e pela Federação Nacional de Cachaça de Alambique (Fenaca), entidades nas quais as diversas questões atinentes ao setor foram e vêm sendo continuamente discutidas (Ibrac, 2008).

2.4 Matéria-prima

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é originária dos continentes da Oceania (Papua ou Nova Guiné) e da Ásia (Índia e China). Inicialmente, a espécie foi cultivada em todo o mundo para produção de açúcar. Todavia, com a produção de seus derivados, o álcool e a cachaça tornaram-se os principais produtos extraídos da cana-de-açúcar (Andrade, 2006).

Atualmente, a área plantada é de aproximadamente 6,92 milhões de hectares, consolidando o Brasil como um dos países com a maior produção mundial desse vegetal. O estado de São Paulo figura como o maior produtor de cana em relação a outros estados brasileiros. Alguns fatores contribuíram para a multiplicação dessa produção por meio do planejamento agrícola. Entre estes, citam-se o controle de pragas e doenças; maturação e colheita. Carregamento e transporte são também responsáveis pela melhoria da qualidade da matéria-prima recebida pelas indústrias (Andrade, 2006; Conab, 2007).

A escolha de variedades da espécie, conforme a sua maturação, justifica-se pela duração da safra, que pode se estender por vários meses. Geralmente, a safra inicia-se por volta de junho e não raramente ultrapassa o mês de dezembro. Para um período de safra longo, o plantio da cana requer a distribuição de variedades de espécies que atinjam um teor de açúcar satisfatório em diferentes épocas (Andrade, 2006).

É importante determinar os estágios de maturação da cana e associá-los aos períodos de industrialização. Seu amadurecimento é classificado conforme os seguintes estágios: precoce, médio e tardio. Há variedades de cana que atingem um teor de sacarose para a industrialização no início do ano (maio/junho), outros no meio (julho/agosto) e as variedades tardias têm sua colheita no fim da safra anual (setembro/novembro). Diante das diferentes variedades de cana, a safra pode chegar até a 210 dias por ano, ou seja, entre os meses de maio e novembro. Esse período é útil para determinar a organização da lavoura, que deve levar em conta algumas características agroindustriais para a escolha da variedade, como a produção, a exigência do solo, a brotação, a perfilhação, a maturação, a riqueza em sacarose, o período útil para a industrialização, etc (Andrade, 2006).

Segundo Lima (2001), quanto mais madura estiver a cana, mais o caldo será rico em açúcares. O teor de açúcares redutores nessa planta é de 1% e o de sacarose em torno de 14%. Recomenda-se que não se faça a colheita dos talhões da matéria-prima com menos de 14% de açúcares (18° Brix).

Pelos dados divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), verifica-se que, no ano de 2006, a produção nacional de cana-de-açúcar destinada ao setor sucroalcooleiro e a outros fins foi da ordem de 547,2 milhões de toneladas. Desse total, a indústria pôde esmagar cerca de 86,47%, que corresponde a 473,16 milhões de toneladas. O restante 13,53%, isto é, 74,02 milhões de toneladas, foram destinados à fabricação de cachaça, à alimentação animal, à produção de mudas ou a outros fins (Conab, 2007).

Quanto à área ocupada pelo plantio de cana em 2006, a Conab estipulou algo em torno de 6,92 milhões de hectares, superior em 12,30%, ou seja, 760,20 mil hectares, em relação à safra obtida no ano anterior, 2005. Desse total, os 82,27% ou 5,70 milhões de hectares estão localizados na região centro-sul e em outras regiões, totalizando a cifra de 17,73% (1,23 milhão de hectares), situados

nas Regiões Norte e Nordeste. Diante desses dados, estima-se, portanto, que a safra de 2007 registrou uma produção média em torno de 79,034 kg ha⁻¹ (Conab, 2007).

2.5 Processo de produção de aguardente de cana

A produção de cachaça envolve as seguintes etapas: plantio de cana-de-açúcar, carregamento e transporte da matéria-prima, descarregamento e lavagem, moagem da cana, preparo do mosto, fermentação, destilação, filtração, maturação e engarrafamento. O fluxograma geral do processo de produção está representado pela Figura 1.

Apesar de todas as etapas serem de grande importância para a qualidade da bebida, neste trabalho dar-se-á maior importância às etapas de fermentação, destilação e envelhecimento, pelo fato de ocorrerem nelas a formação dos componentes que compõem o buquê da bebida e a agregação do cobre residual dos alambiques.

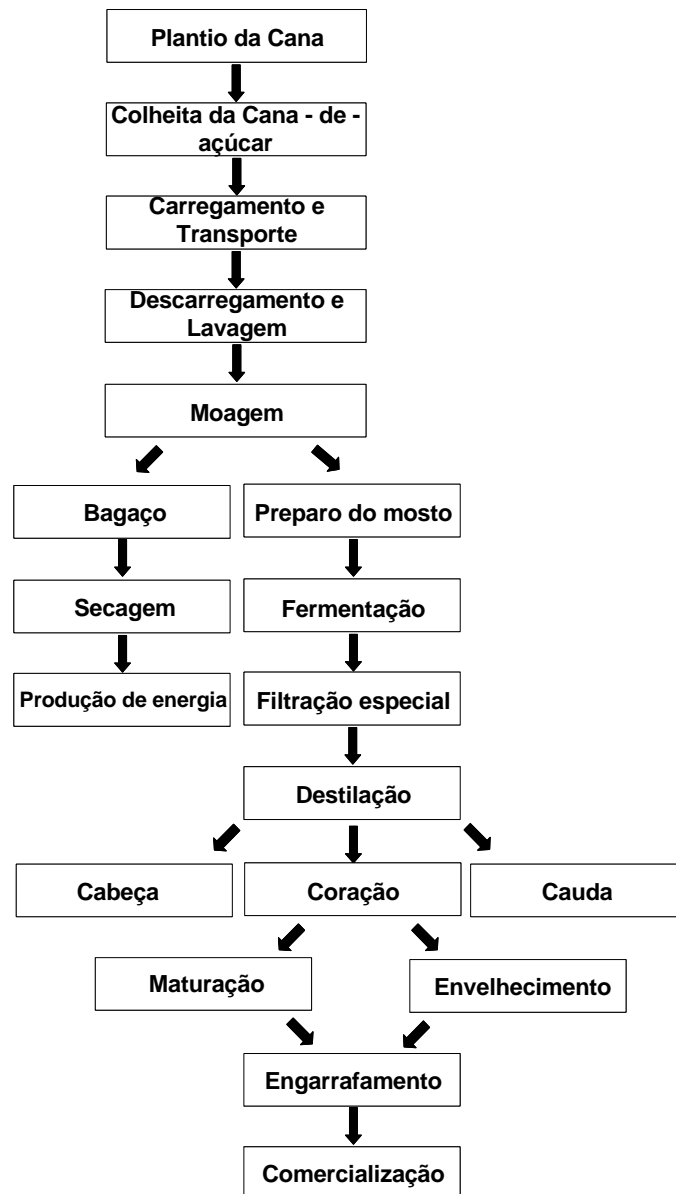


FIGURA 1 Fluxograma geral da fabricação da cachaça artesanal

2.5.1 Fermentação

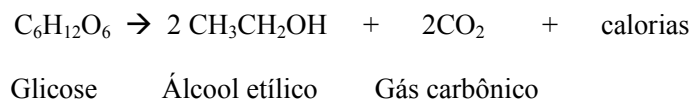
O termo fermentação é derivado do verbo latino *fervere*, que significa ferver, servindo também para descrever a aparência da ação das leveduras no mosto (Schwan & Castro, 2006).

Pelo processo de fermentação, as leveduras transformam o caldo da cana em vinho de cana. Isso é possível devido às condições de baixa oxigenação, o que permite às leveduras a utilização dos açúcares do caldo de cana como fonte de energia para manter seu metabolismo vegetativo. A reprodução, quando ocorre, é muito maior em presença de oxigênio.

No início da fermentação, quando o açúcar disponível para as leveduras é a sacarose, essa é quase imediatamente hidrolisada à glicose e frutose, pela ação da enzima invertase. A maioria das linhagens de leveduras é glicolítica, ou seja, fermenta a glicose em taxas mais rápidas que a frutose e outros monossacarídeos (Schwan & Castro, 2006).

O objetivo primordial da levedura, ao metabolizar anaerobicamente o açúcar, é de gerar uma forma de energia (ATP adenosina trifosfato), que será empregada na realização de diversos trabalhos fisiológicos e biossintéticos, necessários à manutenção da vida, ao crescimento e à multiplicação da espécie. O álcool etílico e o dióxido de carbono produzidos constituem-se tão somente de produtos de excreção, sem utilidade metabólica para a célula em anaerobiose. O etanol e outros produtos de excreção podem ser oxidados metabolicamente, gerando mais ATP e biomassa em condições de aerobiose. (Schwan & Castro, 2006).

No processo de fermentação de açúcares, os principais produtos, como o álcool etílico e o gás carbônico, são produzidos em proporções equimolares, conforme a equação de Gay-Lussac, demonstrada abaixo.



Vale ressaltar que a molécula de glicose passa pelo processo anaeróbico mediante doze etapas intermediárias antes de ser transformada em etanol e gás carbônico. Ao lado do etanol e do gás carbônico, formam o acetaldeído glicerol, 2,3 butilenoglicol, ácido succínico e ácido cítrico como produtos constantes da fermentação alcoólica, o que contribui fundamentalmente para o sabor e para o aroma da cachaça. O álcool etílico e o dióxido de carbono são produtos de excreção da célula e não são utilizados pela levedura em condições anaeróbicas (Lima, 2001, Schwan & Castro, 2006).

2.5.2 Destilação

Além da água e do álcool etílico, o vinho contém muitas substâncias, como aldeídos, ácidos, ésteres e álcoois superiores. Também encontram-se alguns sólidos na sua composição, como os bagacilhos, leveduras, bactérias e, até mesmo, algum gás carbônico que não escapou para a atmosfera (Dias, 2006).

Na aguardente, entretanto, é desejada uma concentração alcoólica, fixada por lei, entre 38 a 54% v/v, e a prática comercial estabelece 49 a 54% v/v. Essa elevação do teor alcoólico é conseguida pela destilação. O processo é fazer ferver o vinho, cujos vapores serão mais ricos de substâncias voláteis. O equipamento usado para isso é a coluna de destilação nas grandes marcas industrializadas e do alambique de cobre utilizado pelos pequenos produtores artesanais. Nessa etapa, o vinho é descarregado diretamente na panela do alambique. Para maior rendimento, esse vinho poderá passar antes por um pré-aquecedor, constituído de uma serpentina mergulhada em água quente. Isso fará

com que o caldo entre quente no alambique, acelerando o processo de destilação (Dias, 2006).

2.5.3 Envelhecimento

O envelhecimento em barris/tonéis de madeira é uma etapa importante na produção de cachaça, pois esse processo influencia acentuadamente a sua composição química, seu aroma, sabor e cor. Existem diferenças sensoriais entre bebidas envelhecidas em diversas modalidades de barris/tonéis. As qualidades físico-químicas e sensoriais das cachaças envelhecidas dependerão, por exemplo, dos tipos de madeiras dos barris e tonéis empregados para o envelhecimento da cachaça que, normalmente, são construídos com madeiras como bálsamo, carvalho, jequitibá, jatobá, amburana ou outras, conforme as preferências regionais. Essas madeiras são capazes de conferir aroma, sabor e cor característicos, contribuindo para a melhoria sensorial do produto final.

Existem outros fatores que também influenciam na maturação da cachaça, como tamanho (volume) do barril, pré-tratamento dos barris, tempo de envelhecimento e condições ambientais.

Assim como o tipo de madeira, todos os demais fatores interferem na concentração de polifenóis totais na bebida.

Yokota et al. (2003), utilizando barris de carvalho (capacidade de 200 litros) e tonéis de bálsamo (capacidade volumétrica de 20.000 litros) verificaram resultados comparativos entre dois recipientes utilizados com uma faixa muito ampla de superfície de contato para o envelhecimento da bebida. Dessa forma, verificaram que as amostras envelhecidas em tonéis com menores superfícies de contato (maiores capacidade volumétrica) apresentaram diferentes características sensoriais, formadas pela contribuição dos compostos derivados da degradação da lignina, consideradas concentrações muito mais elevadas que as amostras envelhecidas em barris com maiores superfícies de contato.

A Legislação Brasileira vigente (Brasil, 1997), ao referir-se ao envelhecimento de cachaça, não especifica o limite de capacidade volumétrica dos tonéis empregados, deixando para os produtores da bebida a decisão da escolha da capacidade volumétrica dos recipientes utilizados em seus alambiques. Contudo, os produtores de cachaça não têm um consenso sobre a capacidade volumétrica ideal para envelhecimento da bebida. Desse modo, a capacidade de volume varia de tal forma, que existem desde barris de madeira de 180 litros até tonéis de 50.000 litros. Além disso, existe também um padrão quanto às formas de tratamento dos barris ou tonéis na fase de manufatura, o que dificulta a formação de um padrão do processo de envelhecimento.

Segundo o estudo de Mosedale & Puerch (1998), citado por Yokota et al. (2005), o envelhecimento de bebidas destiladas feitas em barris/tonéis pode ser feito pela secagem da madeira natural ou artificial, com ou sem posterior tratamento térmico por meio de um leve aquecimento ou queima intensa das pranchas que formarão o barril ou em sua parte interna depois de pronto.

A mudança na tonalidade da bebida após o envelhecimento ocorre pela extração de taninos e de inúmeros componentes da lignina da madeira, que contêm estruturas fenólicas. Alguns desses compostos apresentam o sabor adocicado, como a vanilina, enquanto outros apresentam sabor amargo, como o siringaldeído, e muito contribuem para a modificação do sabor do produto. Deve-se considerar que existem tempos certos para o armazenamento da cachaça em cada tipo de madeira e para cada tipo de padrão pretendido para a bebida, e este está diretamente relacionado à qualidade individual de cada tonel, pois a velocidade de maturação é afetada pelo teor de álcool de cada tipo da bebida, pelo tamanho, bem como pela temperatura e pela umidade do ambiente (Maia, 2002).

Cavalheiro et al. 2003, ao pesquisarem a influência do envelhecimento no teor de cobre em sete amostras de cachaça de diferentes procedências,

constatarem que por meio do envelhecimento sucedeu uma significativa redução dos níveis de contaminação no teor de cobre das bebidas. Cardello & Faria (1997) submeteram a aguardente de cana ao processo de envelhecimento em tonel de carvalho com capacidade de 200L, e atingiram resultados semelhantes.

2.6 Madeiras utilizadas para envelhecimentos das aguardentes em estudo

2.6.1 Amburana

A espécie *Amburana cearensis*, conhecida popularmente como umburana ou amburana, é de baixa acidez e diminui o teor alcoólico da cachaça, que fica mais suave, além de manter a sua cor normal. São características da amburana: alta densidade, resistência mecânica média, trabalhabilidade macia, durabilidade de baixa, fornecendo à bebida coloração bege-amarelada a rosada, sabor ligeiramente adocicado e odor acentuado de baunilha (Maia, 2004).

2.6.2 Bálsamo

A espécie *Myroxylon balsamum (L.) Harms*, conhecida popularmente como bálsamo, óleo-vermelho, pau-de-bálsamo, sangue-de-gato, é de ampla distribuição nos territórios que se estendem do México até o Paraguai, onde é conhecida por quina-quina e incienso-colorado. No Brasil, essa madeira é encontrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Maranhão e Paraná. Possui alta resistência ao apodrecimento, sendo indicada para utilização em construção civil. Apresenta como características: alta densidade, cerne castanho, escurecendo para castanho-avermelhado, uniformidade, textura média, superfície irregularmente lustrosa. Transfe para a cachaça cheiro característico balsâmico agradável, levemente adstringente e acentuadamente forte; observa-se uma tonalidade amarela (Lorenzi, 2002).

2.6.3 Castanheira

A espécie *Bertholletia excelsa* H.B.K. é conhecida popularmente por castanha-do-pará, castanha, castanha-verdadeira, castanheiro, castanha-do-brasil e amendoeira-da-américa. A área de dispersão da castanheira abrange, principalmente, os estados do Pará, Amazonas, Acre e Rondônia, estendendo-se até Mato Grosso e Goiás. Como características, citam-se maciez do corte, cerne castanho-claro a levemente rosado, textura média, superfície sem brilho e lisa ao tato, cheiro e gosto imperceptíveis. Apresenta propriedades semelhantes ao carvalho-europeu, ou seja, no envelhecimento da cachaça, transmite suavidade e uma cor amarelada (Locatelli et al., 2003; Soares et al., 2004).

2.6.4 Carvalho

Entre as mais de 250 espécies existentes dentro do gênero *Quercus*, somente três espécies são amplamente utilizadas na fabricação de barris e tonéis: o *Quercus alba* (americano), o *Quercus petraea* ou *sessilis* e o *Quercus pedunculata* ou *robur* (ambos franceses). São características dessa madeira: alta resistência mecânica, durabilidade e permeabilidade baixa, cor róseo-arroxeadada a acastanhada, sabor e odor imperceptíveis. A cachaça, quando envelhecida no carvalho, apresenta coloração forte e sabor que lembra o do uísque, em razão do malte impregnado na madeira (Lorenzi, 2002).

2.6.5 Jequitibá-rosa

Esta espécie *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze. é encontrada em matas pluviais, desde o estado de Pernambuco até o estado de São Paulo e Mato Grosso. Os nomes jequitibá, jequitibá-rosa, jequitibá-vermelho são peculiares a essa espécie, além de pau-carga. Como características, observam-se baixa densidade, leve maciez ao corte, cerne geralmente róseo-acastanhado ou bege-rosado, ou, ainda, bege-rosado-escuro, eventualmente com sombras pardacentas,

alburno pouco diferenciado, bege-claro, textura média, uniforme, superfície irregularmente lustrosa e ligeiramente áspera ao tato e cheiro imperceptível. Quando utilizada para o envelhecimento de bebidas alcoólicas, a madeira elimina o leve gosto de bagaço de cana sem alterar a cor (Lorenzi, 2002).

2.6.6 Louro-canela

A espécie *Nectandra rubra* (M e Z) C. K. Allen., *Lauraceae* é conhecida no Brasil como louro-canela; no Equador, como laurel, canela; esses nomes são dados conforme a espécie e região. Esta espécie é encontrada no México, América Central e América do Sul temperada. O louro-canela é uma madeira de cor do cerne varia de marrom e amarelo verde, quando utilizada no envelhecimento de bebidas alcoólicas, ocasiona o aparecimento de tonalidades de amarelo (Souza, 2002).

2.7 Compostos secundários da aguardente de cana

O desenvolvimento da fermentação alcoólica passa pelo desdobramento dos açúcares com formação de dois produtos principais: álcool etílico e dióxido de carbono. Além desses, há normalmente a formação de pequenas quantidades de outros componentes, os quais recebem a denominação de produtos secundários da fermentação alcoólica (Cardoso, 2006).

2.7.1 Ácidos

Entre os produtos secundários da fermentação alcoólica, os ácidos, como o ácido acético, tem sido quantitativamente o principal componente da fração ácida das aguardentes, sendo expresso em acidez volátil (Lima 1964; Nykanem & Nykanem 1983 citado por Cardoso 2006).

A alta acidez presente em aguardentes pode ser atribuída à contaminação da cana ou ao próprio mosto fermentativo por bactérias acéticas

e outras, seja na estocagem da cana-de-açúcar, seja no próprio caldo de cana, fazendo com que parte do substrato sofra fermentação acética, elevando, assim, a acidez e diminuindo o rendimento da produção de etanol (Cardoso, 2006).

2.7.2 Aldeídos

Podem ter origem no resultado da ação das leveduras durante estágios preliminares do processo de fermentação, principalmente o acetaldeído, que tende a desaparecer no final pela oxidação a ácido acético, formado principalmente durante a aeração excessiva do mosto. A intoxicação por aldeídos pode levar a sérios problemas relacionados com o sistema nervoso central (Cardoso, 2006).

2.7.3 Ésteres

O aroma típico, agradável, pungente e suave que a aguardente de cana adquire com o envelhecimento deve-se principalmente à formação relativa de ésteres aromáticos, os quais contribuem para a formação do buquê. Geralmente, são produzidos durante o metabolismo das leveduras, via esterificação de ácidos graxos ou pela degradação de aminoácidos. O principal éster encontrado na cachaça é o acetato de etila que, em pequenas quantidades, incorpora um aroma agradável de frutas. No entanto, em grandes quantidades, confere à bebida um sabor indesejável e enjoativo (Windholz, 1976, citado por Cardoso, 2006).

2.7.4 Álcoois superiores

Os álcoois superiores são aqueles com mais de dois átomos de carbono, sendo formados durante o processo oxidativo e provenientes, em grande parte, das transformações dos aminoácidos durante o processo de fermentação com baixa atividade das leveduras, em altas temperaturas e com o pH do mosto

muito baixo (3,5). A utilização de cana velha (armazenada muitos dias após o corte), cana bisada (que passou da época de corte) e cana sem o desponte aumenta sua incidência (Galhiane, 1988 citado por Cardoso 2006).

Os álcoois com até cinco átomos de carbono apresentam odores característicos (buquê) tradicionalmente associados às bebidas destiladas. Eles são responsáveis diretos pelo odor da bebida, possuindo aromas característicos, destacando-se os álcoois amílico e propílico, e seus respectivos isômeros. São formados com base no desvio do metabolismo dos aminoácidos pelas leveduras, ocasião em que o cetoácido envolvido é descarboxilado a aldeído, com posterior redução a álcool superior. Com o aumento do número de carbonos, o aroma modifica-se substancialmente e os álcoois tornam-se oleosos. Alguns deles lembram fortemente o aroma de flores. Esse excesso é chamado óleo fúsel, que diminui o valor comercial e a qualidade da aguardente. Semelhantemente ao metanol e etanol, esses álcoois também apresentam propriedades biológicas, sendo depressores do sistema nervoso central. Entretanto, não provocam acidose nem lesão na retina (Maia et. al, 1994 citado por Cardoso, 2006).

2.7.5 Metanol

O metanol é um álcool originado da degradação da pectina. É formado principalmente quando o caldo não é filtrado, indo direto para as dornas de fermentação. A molécula de pectina é um composto formado pela associação de centenas de moléculas de ácido galacturônico, que possui fragmentos de moléculas de metanol, os quais são liberados durante o processo de fermentação. O metanol é indesejável na cachaça porque, no organismo, onde é oxidado, transforma-se em ácido fórmico e, posteriormente, decompõe-se em dióxido de carbono (CO₂), o que provoca uma acidose grave (diminuição do pH sanguíneo) e afeta o sistema respiratório, podendo levar ao coma e até

mesmo à morte Sua ingestão, mesmo em quantidades reduzidas, por longos períodos de consumo, pode ocasionar cegueira e morte do indivíduo (Windholdz, 1976; Maia et al. 1994 citados por Cardoso, 2006).

2.7.6 Furfural

Quando se faz a destilação em fogo direto, o furfural pode ser encontrado nos vinhos de cereais sacarificado, obtido por meio de processo ácido ou através de mostos ricos em carboidratos muito turvos (Cardoso, 2006).

Segundo Maia, (1994) citado por Cardoso, (2006), os açúcares residuais e os compostos sulfurados podem sofrer transformações químicas durante o aquecimento do vinho, no alambique, afetando a qualidade da bebida. A presença de açúcares residuais ou bagacilhos no vinho poderá formar compostos indesejáveis, catalisados pelo aumento da temperatura e pelo pH ácido do mosto, desidratando açúcares e hidrolisando celulose, hemicelulose e pectina, como também outros polissacarídeos do bagacilho, seguido da desidratação dos monômeros de pentoses e hexoses, formando o furfural e o hidroximetilfurfural, respectivamente.

Masson et al. (2007), ao compararem as aguardentes artesanais resultantes da queima ou não prévia da cana-de-açúcar para retirada da paliçada antes da colheita, comprovaram que a queima aumenta a concentração de furfural.

2.7.7 Cobre

Segundo Lima et al. (2006), além do aumento de produção, tem aumentado a preocupação com a qualidade da bebida. A cachaça produzida em alambiques de cobre tem grande procura pelo sabor e pela forma artesanal como é produzida. Entretanto, a quantidade de cobre na bebida, tem sido motivo de preocupação. Originado durante o processo de destilação, esse elemento tem seu

limite máximo estabelecido em 5 mg L^{-1} , de acordo com o Mapa (Brasil, 2005). Durante o processo de destilação, ou durante o tempo em que o alambique não está em uso, há formação de “azinhavre” (carbonato básico de cobre) nas paredes internas. Essa mistura solúvel $[\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2]$ é dissolvida pelos vapores alcoólicos ácidos, sendo responsável pela contaminação da bebida. Apesar de possuir odores mais agradáveis do que os verificados em aguardentes destiladas em alambiques de aço inox, a cachaça produzida em alambiques de cobre pode provocar problemas à saúde, quando esse elemento ocorre em concentrações elevadas.

É um metal essencial à saúde humana, estando presente em todos os fluidos e em muitos tecidos humanos. Esse elemento, juntamente com aminoácidos, ácidos graxos e vitaminas, é necessário para os processos metabólicos. O seu excesso pode ser tóxico devido à afinidade do metal com grupos S-H de muitas proteínas e enzimas, sendo associado a doenças como epilepsia, melanoma e artrite reumatóide, bem como à perda de paladar (Pedrosa & Cozzolino, 1999). Esse excesso pode ser reduzido com a limpeza apropriada do alambique, bastando, para isso, fazer uma primeira destilação com água ou com água e caldo de limão, cujo vapor arrasta o azinhavre das paredes do alambique de cobre (Cardoso, 2006).

Entretanto, muitos produtores preferem fazer uso de filtros de resina de troca iônica ou de carvão ativado, após a destilação, para eliminar o excesso de cobre na cachaça. Porém, durante o processo de remoção do cobre, outras substâncias, como os álcoois superiores, ésteres e outros, podem ser adsorvidos pelo carvão e removidos da bebida, tornando-a sem sabor.

2.8 Processo de adsorção

Uma forma econômica e muito utilizada pelos pequenos produtores artesanais de cachaça para remoção do excesso de cobre é o emprego de substâncias adsorventes, como o carvão ativado, que fazem o papel de filtro.

A adsorção é um fenômeno em que se fixam moléculas ou íons de uma substância (bebida) na superfície de outra (filtros) e ocorre pela formação de uma monocamada do íon na superfície do adsorvente, podendo ocorrer entre diversas substâncias em diferentes estados ou fases de agregação, sendo a mais comum entre um sólido e um gás. Os sólidos adsorventes são da mais diversa natureza química, como carvão, argilas, óxidos metálicos, sílicas, cascas de frutas e cereais, etc. e adsorvem gases como cloro, amoníaco, oxigênio, e outros (Lima, 2005).

A adsorção tem grande importância tecnológica, sendo utilizada em grande escala em processos de secagem, como catalisadores ou suportes de catalisadores, na separação e purificação de gases líquidos, bem como no controle da poluição, quer em fase líquida, quer em fase gasosa. (Cantão, 2006).

A quantidade de carvão empregada para remoção do cobre da cachaça e o tempo da reação são primordiais devido ao poder adsorvente exercido pelo carvão, já que ele pode remover da cachaça não somente o cobre, mas outros componentes que conferem qualidade ao buquê da bebida (Lima, 2005).

Essa preocupação também foi objeto de pesquisa de diversos pesquisadores em diferentes anos. Anjos (2005), utilizando resina PVP (Polyclar V[®] /PV e Polyclar VT[®] /PVT) para a remoção do cobre na bebida, observaram que conseguiam uma maior eficiência com a utilização da resina, que foi capaz de adsorver o cobre e menores quantidades de álcoois superiores e ésteres, quando comparada ao polímero sintético.

Já Cantão (2006), ao avaliar a capacidade de adsorção de aluminossilicatos e argilas, observou uma maior eficiência quanto à remoção de

cobre pela bentonita, com um percentual de 29,4%, comparado a 21,6% da capacidade de adsorção da zeólita. Entretanto, ambas as partículas alteram a concentração de álcoois superiores, de aldeídos e ésteres, ocorrendo maior redução com a bentonita.

Lima et al. (2006), comparando o efeito de resinas, carvão ativado com óxido de ferro e carvão ativado comercial na remoção de cobre em cachaças com excesso do metal, observaram que a resina é o adsorvente mais eficiente. Apesar de adsorver álcoois superiores, aldeídos e ésteres, essa os faz em menor proporção.

Catanhede et al. (2005) verificaram a potencialidade da sílica modificada com trimetóxisili(propil)etilenodiamina (Si-Dia) e sílica-titânica modificada com trimetóxisili(propil)etilenodiamina (Si-Ti-Dia) utilizadas para a remoção de cobre. Observaram também que um grama das matrizes de (Si-Dia) e (Si-Ti-Dia) adsorvem 1,39 e 73,5 mmol de cobre, respectivamente.

Vilela et al. (2005a), buscando otimizar o uso de resina de troca catiônica em cachaças com excesso de cobre, observaram que é necessário apenas um filtro para a remoção do elemento químico, pois acima desse número retiram-se também os congêneres (aldeídos, ésteres e álcoois superiores) da bebida.

Vilela et al. (2005b), analisando o efeito da resina de troca catiônica na remoção de cobre e congêneres utilizadas em cachaças antes e depois do envelhecimento, observaram que a resina retira maior quantidade de cobre e menor quantidade de congêneres em cachaças antes do armazenamento para envelhecimento.

2.11 Análise Sensorial

A análise sensorial é um método utilizado para medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos, ou seja, como elas são percebidas pelos sentidos: visão, olfato, gosto, tato e audição. A qualidade sensorial de um alimento não é uma característica própria dele, mas representa o resultado da interação entre ele e o homem. Na análise sensorial, pode-se perceber que a qualidade de um alimento varia de pessoa para pessoa, sendo essa ditada por uma vasta gama de fatores que envolvem as características do alimento, como aparência, sabor, textura, forma, método de preparo, custo e sazonalidade. Na análise, também estão presentes os fatores associados às características do indivíduo, como a idade, sexo, educação, renda, habilidades na cozinha, entre outras (Minim, 2006).

Segundo Maia & Campelo (2005), nenhum equipamento, por mais sofisticado que seja, jamais poderá aquilatar, em fração de segundo e de forma integrada, o efeito de interações da água e do álcool com pequeníssimas quantidades de dezenas e até centenas de substâncias por meio das quais é possível definir sua qualidade geral e, conseqüentemente emitiu o veredicto: agradável, portanto, merece ser degustado e ingerido; ou desagradável, por isso deve ser descartado.

A língua é o órgão responsável pela percepção do paladar dos alimentos ingeridos; esse órgão é coberto por pequenas protuberâncias denominadas papilas gustativas (Figura 2).

Existem vários tipos de papilas diferentes distribuídas na língua, sendo elas as filiformes, fungiformes, folheares e circunvaladas. As papilas filiformes não possuem botões gustativos no seu interior, por isso, são responsáveis apenas pelas sensações táteis sentidas na língua. Entre as que possuem bulbo gustativo, estão as papilas fungiformes, que estão distribuídas nas bordas da língua (obs.: tornam-se mais visíveis quando se bebe alguma bebida láctea ou se chupa bala

que deixa a língua colorida); na parte posterior da língua estão localizadas as papilas circunvaladas, que estão distribuídas na forma de V invertido. Os bulbos gustativos estão bem localizados nas papilas folheadas, que são pequenas valas encontradas no fundo da língua (Smith & Margolskee, 2001).

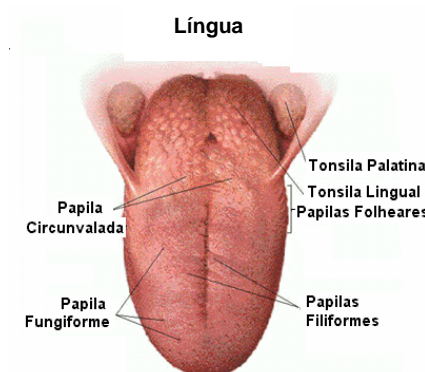


FIGURA 2 Localização das papilas gustativas na língua.

As células gustativas possuem projeções semelhantes a dedos, denominadas microvilosidades, que se impulsionam através de aberturas localizadas no topo do bulbo gustativo (Figura 3), denominadas poro gustativo (Smith & Margolskee, 2001).

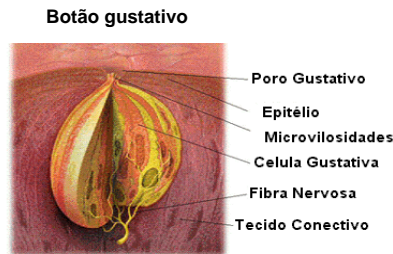


FIGURA 3 Esquema de um botão gustativo.

Os compostos químicos dos alimentos dissolvem-se na saliva e entram em contato com as células do gosto através do poro gustativo, mais especificamente com as microvilosidades das células gustativas. Ali, esses químicos interagem com proteínas presentes na superfície das células gustativas e com receptores do gosto. Essa interação causa mudanças elétricas nas células gustativas, que desencadeiam (engatilham) a emissão de sinais químicos, os quais basicamente resultam em impulsos para o cérebro, ocorrendo, então, percepção dos gostos (Smith & Margolskee, 2001).

Outro sentido importante para a análise sensorial são os receptores olfativos, capazes de capturar as moléculas livres em estado gasoso e perceber que o limiar dos aromas é muitíssimo menor do que o de qualquer sabor. Os receptores olfativos podem ser facilmente localizados em dois pedacinhos da membrana mucosa na parte superior da cavidade nasal (Figura 4) e são responsáveis por perceber o vapor de qualquer líquido que colocamos na boca. Como a cavidade nasal se abre na garganta, qualquer vapor inspirado do líquido colocado na boca passa para os receptores olfativos. Dessa forma, o olfato contribui acentuadamente para dar riqueza e delicadeza ao paladar. Esse mecanismo facilita o retrogosto da bebida, permitindo que a sensação olfativa seja percebida ao se aspirar o ar com a amostra ainda na boca ou ao fungar

depois de engoli-la, de modo que aromas desprendidos sejam levados da orofaringe até a cavidade nasal, onde serão sentidos na área olfativa (Maia & Campelo, 2005).

A localização do sentido do olfato e do mecanismo de percepção do retrogosto ficam ilustradas nas Figuras 4 e 5.

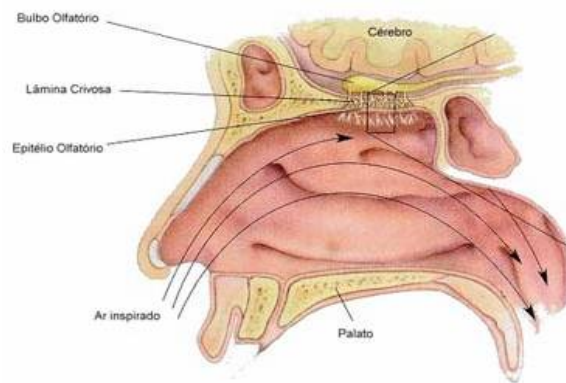


FIGURA 4 Localização do sentido do olfato. In: (Maia & Campelo, 2005).



FIGURA 5 Mecanismo de percepção do retrogosto. In: (Maia & Campelo, 2005).

Sendo o homem o instrumento de medida na avaliação sensorial e sendo ele o principal objeto de consumo dos alimentos e/ou bebidas, o conhecimento das mudanças nas características sensoriais advindas, por exemplo, de novas técnicas de produção de alimentos e tendo a análise sensorial como ferramenta, é de extrema importância na tomada de decisão de utilização ou não dessa técnica.

Ressalta-se que, por meio da análise sensorial, as características ou propriedades sensoriais de interesse em um determinado alimento podem ser identificadas e estudadas utilizando-se de metodologias sensoriais de coleta de dados e métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados obtidos no estudo sensorial. Os métodos sensoriais são baseados nas respostas aos estímulos sensoriais e podem ser divididos em: métodos discriminativos; métodos afetivos e métodos descritivos (Minim, 2006). Esse último é importante caracterizá-lo para uma melhor compreensão do objeto deste estudo.

2.11.1 Método descritivo

Nos últimos anos, a área de análise sensorial sofreu um importante impulso, uma vez que esse tipo de análise propiciou o desenvolvimento de novos produtos e a melhoria da qualidade dos alimentos. O método descritivo foi cada vez mais aplicado tanto em pesquisas acadêmicas quanto no setor produtivo. Na análise sensorial, este método constituiu uma das técnicas mais sofisticadas na avaliação de produtos, pois utiliza-se de técnicas que permitem a mensuração com precisão em termos matemáticos e repetição de julgamentos, permitindo que os dados sejam corroborados, o que proporciona maior confiabilidade ao experimento (Minim, 2006).

Uma das modalidades da análise sensorial é a Análise Sensorial Descritiva Quantitativa (ADQ[®]), que é uma técnica valiosa quando se deseja obter melhores informações sobre aparência, aroma, sabor e/ou textura dos alimentos (Minim, 2006).

A análise descritiva é um método de avaliação sensorial que identifica, descreve e quantifica os atributos sensoriais de um produto, isto é, expõe as propriedades sensoriais dos produtos (Maia & Campelo, 2005).

Segundo Stone & Sidel (1993), para realização da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]), cabe ao pesquisador escolher os voluntários que irão participar do teste sensorial. Para a realização desse método, é necessário que o pesquisador escolha entre seis a doze provadores treinados. Esses que, mais tarde, se tornarão os julgadores do experimento, devem ter disponibilidade de tempo para comparecer às reuniões de treinamento e avaliação das amostras, além de estarem motivados e interessados a participar do experimento. Além disso, os julgadores ou provadores devem ter a capacidade de discriminar e quantificar as características peculiares do alimento em estudo. É desejável, portanto, que esses provadores tenham familiaridade com as características sensoriais do produto, pois, dessa forma, terão maior desenvoltura quando da descrição das características que estarão sendo avaliadas.

Há diversos trabalhos na literatura brasileira nos quais se relata a utilização da análise sensorial como ferramenta para avaliação da qualidade de cachaças. Em muitos desses trabalhos foram utilizados principalmente métodos descritivos, mais especificamente a análise descritiva e quantitativa (ADQ[®]).

Júnior et al. (2007) realizaram estudos com a utilização de compostos de quatro diferentes extratos de madeira carvalho para a elaboração de cachaças envelhecidas artificialmente, como alternativa ao envelhecimento tradicional realizado em tonéis. A análise sensorial foi realizada por meio de um painel composto por quatro julgadores treinados. Pelos resultados, verificou-se que a adição de extratos provocou incrementos nos atributos sensoriais em relação à cachaça branca usada durante a pesquisa.

Carvalho & Minim (2000), ao realizarem o estudo sensorial descritivo de aguardente de cana durante seu envelhecimento por um ano em tonéis de

angelim e jequitibá, concluíram que as diferentes espécies de madeira e a maturação da cachaça foram responsáveis por bebidas com diferentes perfis sensoriais; isso se deveu à incorporação de extratos de madeira que conferem aroma e sabor diferenciados na aguardente.

Cardello & Faria (2000) avaliaram seis aguardentes de diferentes marcas comerciais, sendo três envelhecidas em tonéis de carvalho e outras três sem envelhecer; as bebidas apresentaram diferenças significativas no perfil sensorial. As amostras envelhecidas apresentaram cor amarela, aroma de madeira, aroma de baunilha, gosto inicial e final de madeira pronunciada. Os descritores do aroma alcoólico foram identificados pelas características que levaram em conta a agressividade, o sabor inicial e final de álcool; e esses, foram significativamente inferiores aos das bebidas sem envelhecer.

Cardello & Faria (1998) também realizaram um estudo sensorial descritivo traçando o perfil sensorial de aguardentes de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho, comparando-as com marcas comerciais. Nesse estudo, os pesquisadores observaram que as características sensoriais das cachaças alteraram significativamente durante o período de armazenamento nos tonéis de carvalho, apresentando aroma de madeira, doçura inicial e residual, cor amarela, sabor de madeira mais pronunciados, após 48 meses de armazenamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das amostras de aguardente de cana

Na Tabela 1 estão codificados as amostras, o tipo e espécie de madeira, tempo e volume do reservatório utilizados no experimento. Nesta pesquisa, foram analisados nove lotes de bebidas. Todos eles receberam um código de identificação conforme tratamento utilizado. O código relativo à letra **L** representa a cachaça não filtrada. O código referente à letra **F** diz respeito às amostras que foram filtradas com a utilização de carvão de um filtro comercial.

Ressalta-se que, consideradas as diferenças das amostras em relação ao tipo de madeira, tamanho dos recipientes, tempo de envelhecimento, volume em litros, realizaram apenas as comparações entre as amostras separadas e identificadas com o mesmo código, ou seja, L1 e F1, L2 e F2 ... e assim consecutivamente. Isso foi realizado para obter as características físico-químicas e sensoriais entre cada amostra a ser analisada antes e após o processo de filtração.

TABELA 1 Amostras de cachaça coletadas nos alambiques.

Codificação das amostras	Madeira	Nome científico	Tipo de reservatório	Tempo (anos)	Volume (litros)
L1 e F1	Jequitibá-rosa	<i>Cariniana strellensis</i> <i>Kuntze</i>	Tonel	4	10.000
L2 e F2	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i> <i>H.B.K.</i>	Tonel	3	700
L3 e F3	Carvalho	<i>Quercus alba</i>	Barril	3	250
L4 e F4	Jequitibá-rosa	<i>Cariniana strellensis</i> <i>Kuntze</i>	Tonel	3	20.000
L5 e F5	Jequitibá-rosa	<i>Cariniana strellensis</i> <i>Kuntze</i>	Tonel	5	10.000
L6 e F6	Amburana	<i>Amburana cearensis</i>	Tonel	4	10.000
L7 e F7	Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i> <i>L.f.</i>	Tonel	4	5.000
L8 e F8	Louro-canela	<i>Licaria spp.</i>	Tonel	2	50.000
L9 e F9	Carvalho	<i>Quercus alba</i>	Tonel	4	50.000

3.2 Filtragem das amostras

No processo de filtragem, as amostras foram codificadas em dois grupos: **L** para as amostras não filtradas e **F** para as amostras filtradas. Utilizou-se uma coluna de cromatografia com 2,5 cm de raio, 70,0 cm de comprimento. O carvão foi retirado de um filtro da marca MICROTEC, modelo M-10 CTO, lote MF01-03-06T, com filtração de 5 μm (nominal). Esse foi macerado para empacotar a coluna cromatográfica com um volume de 200 cm^3 de carvão. (Figura 6).



FIGURA 6 Aspecto geral da coluna utilizada para filtragem das cachaças.

3.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas no Departamento de Química da UFLA, segundo os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa n°. 13, de 29/06/2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Todas as análises foram realizadas em triplicatas. As amostras foram redestiladas e acondicionadas em frascos de vidro hermeticamente fechados e mantidos sob refrigeração (-15°C). As metodologias empregadas para as análises estão descritas a seguir.

3.3.1 Exame organoléptico

Foi determinado, observando-se as amostras contra um transluminador de luz branca, cujos parâmetros analisados foram aspecto, coloração, limpidez, a presença de corpos estranhos e vazamentos (Brasil, 1997).

3.3.2 Teor alcoólico

Este foi determinado por densimetria, sendo o resultado expresso em porcentagem em volume. As amostras foram redestiladas e o teor alcoólico obtido a partir de medidas a 20 °C, com o auxílio de um densímetro digital DensiMat Gibertini (Brasil, 1997).

3.3.3 Extrato seco

A análise foi efetuada por meio de métodos gravimétricos. Inicialmente, uma cápsula de alumínio foi previamente pesada em balança analítica. Em seguida, uma alíquota de 25 mL da amostra sem redestilar foi transferida para a cápsula e evaporada em banho-maria a 95 °C por 3 horas. Após esse período, levou-se à estufa a 100 °C por 30 minutos e, posteriormente, o material foi resfriado em dessecador. O resíduo sólido remanescente foi pesado em balança analítica (Marte / AM 220), e os resultados obtidos foram expressos em gramas de extrato seco por litro da amostra (Brasil, 1997).

3.3.4 Acidez volátil

Foi determinada por titulação volumétrica de neutralização. Os ácidos voláteis foram extraídos da bebida por arraste de vapor, utilizando o Destilador Eletrônico Enochimico Gibertini. Posteriormente, titulou-se com hidróxido de sódio 0,1 N em presença de fenolftaleína 1%. Os resultados obtidos foram expressos em gramas de ácido acético por 100 mL de amostra ou por 100 mL de álcool anidro (Brasil, 1997).

3.3.5 Álcoois superiores

A quantidade total de álcoois superiores foi determinada por meio de reação colorimétrica e a quantificação foi realizada em espectrofotômetro Shimadzu UV-160-1PC a 540 nm. As concentrações foram determinadas por meio da construção de curvas analíticas de solução de álcoois superiores diluídos em água/etanol 1:1. A quantidade total desses compostos foi expressa em miligrama por 100 mL de álcool anidro (Brasil, 1997).

3.3.6 Aldeídos

Foram analisados pelo método titulométrico direto com iodo 0,05 N, titulando o SO₂ formado por meio das reações envolvidas na análise. A quantidade de aldeídos presente nas amostras foi expressa em gramas de aldeído acético por 100 mL da amostra ou por 100 mL de álcool anidro (Brasil, 1997).

3.3.7 Furfural

A quantificação foi realizada por meio das leituras espectrofotométricas na região visível do espectro (Shimadzu UV-160-1PC) a 520 nm, por comparação das absorbâncias observadas nas amostras da bebida, com valores de absorbâncias de uma curva analítica, previamente construída com soluções padrão de etanol/furfural. Para a análise de furfural, o grau alcoólico do destilado foi corrigido para 50% v/v. Os resultados obtidos foram expressos em miligrama de furfural por 100 mL de álcool anidro (Brasil, 1997).

3.3.8 Ésteres

Os ésteres foram determinados pela titulação dos ácidos carboxílicos obtidos por transesterificação dos ésteres presentes na bebida. Suas quantidades foram expressas em gramas de acetato de etila por 100 mL de amostra (Brasil, 1997).

3.3.8 Metanol

O metanol foi quantificado por reações colorimétricas e sua concentração foi determinada no espectrofotômetro (Shimadzu UV-160-1PC) a 575 nm. As quantidades desse composto foram determinadas por meio da construção de curvas analíticas de solução de etanol/metanol. Os resultados obtidos foram expressos em mL de metanol por 100 mL de álcool anidro (Brasil, 1997).

3.3.10 Cobre

A quantificação do cobre presente nas aguardentes de cana foi realizada por meio de medidas espectrofotométricas na região visível do espectro (Shimadzu UV-160-1PC) a 546 nm, comparada a valores de absorbância referentes a uma curva analítica previamente construída, utilizando-se sulfato de cobre como padrão primário. As reações colorimétricas foram realizadas nas amostras de cachaças sem redestilar. Os resultados obtidos foram expressos em mg/L (Brasil, 1997).

3.3.11 Densidade

A densidade foi obtida destilando-se 250 mL (destilação simples) de cada amostra. E utilizando-se, posteriormente, o equipamento decímetro digital DensiMart Gibertini para medir a densidade da amostra.

3.3.12 Soma dos compostos secundários

Para a verificação do Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) da cachaça, foi realizada a quantificação dos compostos secundários observando a soma de cada congêneres: acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural e álcoois superiores (Brasil, 1997).

3.4 Análise sensorial

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras.

Pelo fato de a cachaça ser uma bebida alcoólica consumida pelos seres humanos, submeteu-se o projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Rio Verde – Unincor/Três Corações/MG, que o aprovou com o número do Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 0015.0.380.000-08.

3.4.1 Análise descritiva e quantitativa

3.4.1.1 Recrutamento e pré-seleção dos provadores

Para o recrutamento e pré-seleção dos provadores foi realizado um convite a 60 pessoas, pessoalmente e/ou por e-mail. Os candidatos interessados preencheram uma ficha com um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1), os quais se dispunham a participar da pesquisa. Apenas trinta e dois candidatos apresentavam os pré-requisitos, como gostar de ingerir cachaça e ter disponibilidade de tempo para a participação das análises e reuniões.

Na seqüência, foi realizada uma pré-seleção de provadores por meio de Teste Triangular (Anexo 2) seguindo o método American Society for Testing and Materials - ASTM (1981), utilizando uma cachaça industrial e outra envelhecida por 1 ano. Aqueles indivíduos que obtiveram, no mínimo, cinco acertos (62,5%) em oito sessões realizadas foram selecionados. Dos trinta e dois candidatos, doze candidatos a provadores qualificaram-se para o treinamento e levantamento dos termos descritores.

3.4.1.2 Levantamento dos termos descritores e treinamento

Os pré-selecionados auxiliaram no levantamento dos termos descritores. Optou-se por utilizar alguns atributos já indicados anteriormente por outros autores em suas pesquisas, ou seja, a metodologia de lista prévia. A utilização dos termos descritores de lista prévia foi baseada em Yokota, (2005); Yokota et al., (2003); Carvalho & Minim, (2000); Cardello & Faria, (2000); Cardello & Faria, (1998), por serem ligados aos estudos realizados com aguardente de cana. Selecionaram-se os termos descritores de acordo com a cor, aroma alcoólico, aroma de madeira, sabor alcoólico e sabor de madeira, por serem essas características mais marcantes para diferenciação das amostras.

Após o levantamento das características a serem avaliadas nas cachaças, elaborou-se uma tabela com as respectivas definições e referências (fraco a forte) para cada termo descritor (Tabela 2) e também a Ficha de Avaliação Sensorial (Anexo 3), com escala não estruturada de 9 centímetros, ancorada no extremo esquerdo com o termo: fraco ou nenhum; e à direita, com o termo forte, para cada característica a ser avaliada.

TABELA 2 Definições e referências dos termos descritores levantados pelos provadores.

Termo descritor	Definição	Referências
Coloração amarela	Coloração amarela translúcida, característica de cerveja tipo “pilsen”, sem gás e sem espuma, em um cálice transparente	“Fraco”: água destilada (transparente) “Forte”: Cachaça envelhecida 8 anos em barril de carvalho com adição de 15 g de casca de carvalho por 24h.
Aroma alcoólico	É o aroma característico do etanol.	“Fraco”: diluição 1:1 de cachaça e água filtrada. “Forte”: diluição 1:1 de cachaça e etanol (95%).
Aroma de madeira	É o aroma característico da madeira de carvalho utilizado no tonel para envelhecimento das aguardentes.	“Fraco”: aguardente industrial (*) sem envelhecimento. “Forte”: Cachaça envelhecida 8 anos em barril de carvalho com adição de 10 mL de extrato de carvalho da marca 3 Rodas.
Sabor alcoólico	Sabor de álcool percebido no instante que é ingerido pelo provador.	“Fraco”: diluição de 1:2 cachaça e água filtrada. “Forte”: diluição de 1:0,25 cachaça e etanol (95%).
Sabor de madeira	É o sabor característico promovido pela madeira do carvalho utilizado no tonel para envelhecimento das aguardentes.	“Fraco”: aguardente industrial sem envelhecimento. “Forte”: Cachaça envelhecida 8 anos em barril de carvalho com adição de 10 mL de extrato de carvalho da marca 3 Rodas.

* No experimento foram utilizadas amostras de cachaças industrializadas com o objetivo de obter uma maior distinção entre as referências e as amostras, porque geralmente as cachaças oriundas das indústrias não passam pelo processo de envelhecimento.

3.4.1.3 Seleção dos julgadores

Os provadores pré-selecionados passaram por um treinamento, seguindo recomendações de Stone & Sidel (1993), sendo todos eles preparados para o processo de Análise Descritiva e Quantitativa (ADQ[®]).

Nas sessões de treinamento, os candidatos deveriam fixar as referências de fraco e forte relativas à cor, ao aroma alcoólico, aroma de madeira, sabor alcoólico e sabor de madeira, para avaliar essas referências, foram apreciadas em várias sessões por todos os candidatos, até que ficassem bem definidas em sua memória.

Após o treinamento em cabines individuais, os provadores avaliaram três tipos de amostras de cachaça, uma industrial e duas artesanais, em quatro repetições, utilizando-se um delineamento em blocos completos balanceados. A amostra industrial oferecida não sofreu nenhum processo de envelhecimento, enquanto as outras, compostas por amostras artesanais, foram naturalmente envelhecidas. As amostras foram servidas de forma monádica, em temperatura ambiente, em copos de vidro de 60 mL contendo 5 mL da bebida, identificado por um código aleatório de três dígitos. Foi pedido aos provadores que ingerissem um pedaço de biscoito água e sal e enxaguassem a boca com porções de água à temperatura ambiente entre, uma amostra e outra.

Após a realização dessas etapas, foi realizada a análise de variância (ANAVA) com duas fontes de variação (amostra e repetição) para cada atributo e para cada provador. Foram então obtidos os valores para F_{amostra} e $F_{\text{repetição}}$ para avaliação do seu desempenho.

Foram selecionados, para compor a equipe definitiva treinada, somente os provadores que obtiveram poder discriminativo $p(F)_{\text{amostra}} < 0,50$; reprodutibilidade nas julgamentos $p(F)_{\text{repetição}} > 0,05$ e consenso com os demais membros do grupo (Cardello & Faria, 2000).

3.4.2.3 Avaliação das amostras: análise de ADQ

Os provadores, treinados e selecionados, receberam as amostras em cabines individuais, servidas em copos de vidro de 60 mL contendo 5 mL da bebida, codificados com 3 dígitos aleatórios, sob luz branca de lâmpada fluorescente, para avaliação dos atributos (Figura 7).



FIGURA 7 Ilustração das amostras servidas aos provadores.

Foram fornecidas para a avaliação dos provadores as amostras do grupo L3 e F3 – carvalho, barril de 250 L, envelhecida por 3 anos e as amostras do grupo L9 e F9 – carvalho, tonel de 50.000 L, envelhecida por 4 anos. Tal escolha fundamentou-se principalmente por ser o carvalho um tipo de madeira utilizado pela maioria dos produtores em seus alambiques e as mais comercializadas. Embora tenham sido avaliadas as amostras L3-F3 separadas da L9-F9, ainda assim, as amostras foram servidas de forma monádica, seguindo a ordem balanceada de apresentação.

Com os dados dos provadores, realizou-se a análise de variância (ANAVA) com 3 fontes de variação; amostra, provador e a interação entre eles.

3.5 Análise Estatística

As amostras foram avaliadas sempre aos pares L com F. Para as análises físico-químicas, realizou-se o teste **t** para amostras pareadas.

Para as análises dos dados sensoriais, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003), uma vez que todos dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao índice de 95% de confiança (Anexo 4).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas

No Quadro 1 apresentam-se os valores estabelecidos pelo Mapa para os PIQ's para a composição físico-química das aguardentes de cana.

QUADRO 1 Padrões de Identidade e Qualidade da Aguardente de cana-de-açúcar (Brasil, 2005).

Componentes	Unidade	Limite	
		Mínimo	Máximo
Graduação alcoólica de aguardente	% em volume de álcool etílico a 20°C	38	54
Graduação alcoólica de cachaça	% em volume de álcool etílico a 20°C	38	48
Sacarose, em açúcar refinado, cristal, invertido ou glicose***	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	-	360
Congêneres	mg/100mL álcool anidro	200	650
Álcool metílico	mg/100mL álcool anidro	-	20
Cobre	mg/L	-	5,0
Extrato seco	g/L	-	6,0***
Carbamato de etila	µg/L	-	150
Partículas em suspensão (resíduo sólido)	-	ausentes	ausentes

* Álcoois superiores = (isobutílico + isoamílico + propílico)

** Congêneres = (Acidez Volátil + Ésteres + Aldeídos + Furfural + Álcoois Superiores)

*** Aguardente de cana e cachaça “adoçada” = máximo 30,0 g/L Fonte: (Brasil, 2005)

4.1.1 Exame organoléptico

Todas as amostras apresentaram-se dentro dos PIQ's para o exame organoléptico.

4.1.2 Metanol

Em todas as amostras (filtradas e não filtradas), não foi detectada uma quantidade significativa dessa substância, uma vez que as leituras em absorbâncias ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho. Dessa forma, não há como avaliar a influência da filtração sobre a concentração de metanol.

Lima et al. (2006), pesquisando a influência do carvão ativado sobre os constituintes secundários de diferentes cachaças, verificaram que o metanol apresentou concentração muito baixa inicialmente, tornando também impossível discutir a interferência do carvão sobre ele.

4.1.3 Extrato seco (ES)

Os valores obtidos a partir dos valores médios da concentração de extrato seco em aguardentes de cana antes e após a filtração estão demonstrados na Tabela 3. Observa-se que, após a filtração das amostras, ocorreu a diminuição do (ES) para L1-F1, L2-F2, L6-F6 e L7-F7, que provavelmente pode estar relacionada à forte interação entre os componentes do filtro de carvão e às substâncias provenientes do processo de envelhecimento nesses tipos de madeira. Na análise realizada ficou comprovado que o extrato seco (ES) representa as prováveis substâncias oriundas da madeira durante o envelhecimento, ou da sacarose, quando essa é adicionada na bebida. (Brasil, 2005).

TABELA 3 Valores médios da concentração de extrato seco em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Extrato seco		Extrato seco	
Amostras	(antes da filtração)	Amostras	(depois da filtração)
L1	0,24 a	F1	0,12 b
L2	0,30 a	F2	0,23 b
L3	0,21 a	F3	0,21 a
L4	0,25 a	F4	0,18 a
L5	0,19 a	F5	0,20 a
L6	0,35 a	F6	0,16 b
L7	0,59 a	F7	0,19 b
L8	0,20 a	F8	0,12 a
L9	0,39 a	F9	0,33 a

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

4.1.4 Grau alcoólico

Os valores relativos aos valores médios da concentração de grau alcoólico em aguardentes de cana antes e após a filtração estão demonstrados na Tabela 4.

TABELA 4 Valores médios da concentração de grau alcoólico em cachaças antes (L) e após a filtragem (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Grau alcoólico		Grau alcoólico	
Amostras	(antes da filtragem)	Amostras	(depois da filtragem)
L1	42,73 a	F1	42,59 b
L2	41,94 a	F2	42,12 a
L3	46,29 a	F3	46,60 b
L4	43,61 a	F4	43,45 a
L5	38,04 a	F5	37,95 a
L6	42,92 a	F6	42,43 a
L7	59,63 a	F7	59,76 a
L8	47,68 a	F8	47,20 a
L9	51,70 a	F9	51,14 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Os valores do grau alcoólico (GL) real para as cachaças estudadas apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo (Mapa), exceto na amostra L7-F7. Infere-se que possivelmente ocorreu uma menor eficiência da separação das frações (cabeça, coração e cauda) durante o processo de destilação que pode ter influenciado na obtenção de um valor alto da graduação alcoólica (aproximadamente 60% v/v).

Labanca et al. (2006), estudando os diferentes tipos de aguardentes do estado de Minas Gerais, constataram que essas apresentaram uma variação no grau alcoólico de 29,2 a 57,4% v/v, não havendo diferença significativa nos valores médios obtidos nas diferentes regiões do estado. Entretanto, houve um aumento no percentual de não atendimento à legislação, o que indica que os

produtores ainda não se adequaram à legislação, que diferencia cachaça de aguardente.

Após a filtração, observou-se uma pequena diminuição no teor alcoólico nas amostras L1-F1 e L9-F9, que pode ser explicada pela retenção de álcool no filtro de carvão, ou por uma possível oxidação a aldeído acético e, posteriormente, a ácido acético ou pela evaporação do etanol durante esse procedimento. Entretanto, para as demais amostras, não foi observada nenhuma diferença para esse parâmetro.

Lima et al. (2006), por sua vez, estudando a remoção do cobre sob a utilização do carvão ativado, verificaram que o grau alcoólico não foi afetado pela quantidade ou tempo de agitação.

Anjos et al. (2005), utilizando resina PVP (Polyclar V[®] /PV e Polyclar VT[®] /PVT) para remoção de cobre, verificaram que não houve alteração significativa entre os teores de grau alcoólico, densidade e ésteres, apresentando o mesmo poder adsorvente para os teores de aldeídos e álcoois superiores. Todavia, a resina PV apresentou maior poder de adsorção para o cobre, devido, sobretudo, à diferença de tamanho da granulometria das mesmas.

4.1.5 Álcoois superiores

Os valores relativos aos valores médios da concentração de álcoois superiores em aguardentes de cana antes e após a filtração estão demonstrados na Tabela 5. Por meio deles, constata-se um pequeno aumento dos teores dos álcoois superiores após a filtração da cachaça nas amostras L6-F6 e L7-F7, que pode ser explicado pela interação entre o álcool e o filtro de carvão, quando aquele é retido pelo filtro. Não ocorreram alterações significativas para as demais amostras.

TABELA 5 Valores médios da concentração de álcoois superiores em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Álcoois superiores (antes da filtração)	Amostras	Álcoois superiores (depois da filtração)
L1	162,35 a	F1	169,24 a
L2	176,90 a	F2	191,06 a
L3	225,34 a	F3	210,17 a
L4	164,63 a	F4	154,31 a
L5	271,35 a	F5	225,33 a
L6	204,67 a	F6	150,41 b
L7	178,08 a	F7	169,65 b
L8	199,40 a	F8	188,97 a
L9	221,64 a	F9	207,11 a

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Anjos et al. (2006), comparando o uso de resina comercial de troca iônica com um polímero sintético na remoção de cobre de aguardente observaram uma maior eficiência da resina. Essa adsorveu menores quantidades de álcoois superiores e de ésteres, quando comparadas ao polímero sintético.

4.1.6 Acidez volátil

Os valores relativos aos valores médios da concentração da acidez volátil em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 6.

TABELA 6 Valores médios da concentração de acidez volátil em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Acidez volátil (antes da Filtração)	Amostras	Acidez volátil (depois da filtração)
L1	165,10 a	F1	201,18 b
L2	84,71 a	F2	76,53 a
L3	37,83 a	F3	33,49 a
L4	57,87 a	F4	56,89 a
L5	86,64 a	F5	81,42 a
L6	135,69 a	F6	122,63 b
L7	34,01 a	F7	33,60 b
L8	47,01 a	F8	42,50 a
L9	75,44 a	F9	69,48 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Das amostras estudadas, oito estão dentro do PIQ's exigidos pelo (MAPA), exceto a amostra L1-F1 (AV = 165), que mostrou um valor acima do permitido. Esse excesso compromete o sabor da cachaça, e pode estar relacionado com a contaminação por bactérias, ocorrida na fermentação.

O aumento da acidez, considerado uma exceção, observado na amostra L1-F1 durante a filtração pode estar relacionado à oxidação dos álcoois nos respectivos ácidos carboxílicos voláteis.

A diminuição da acidez volátil das amostras L6-F6, L7-F7 e L9-F9, por sua vez, pode ser explicada pela interação dos ácidos carboxílicos e o filtro de carvão empregado, onde, provavelmente, os ácidos ficaram retidos.

Esses ácidos são voláteis, portanto, de cadeia carbônica pequena, como o ácido acético, que é o principal representante, e exerce um papel importante na

cachaça, fundamentalmente no sabor e no aroma, sendo formado durante a etapa de fermentação (Cardoso, 2006).

ligeira diminuição desse componente nesta pesquisa foi menor que a encontrada por Lima et al. (2006) na utilização de carvão ativado em várias concentrações. Empregando a concentração de 26 g L⁻¹ de carvão ativado por 10 minutos, os pesquisadores verificaram a redução de 43,30 para 10,89 mg 100 mL⁻¹ na acidez.

Boza & Oetterer (1999) mostraram-se que os teores da acidez durante a destilação acompanharam os teores de cobre do destilado, encontrados em maior concentração na fração cauda da bebida.

4.1.7 Aldeídos

Os valores relativos aos valores médios da concentração de aldeídos em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 7.

TABELA 7 Valores médios da concentração de aldeídos em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Aldeídos (antes da filtração)	Amostras	Aldeídos (depois da filtração)
L1	7,46 a	F1	10,68 b
L2	24,93 a	F2	23,33 b
L3	15,46 a	F3	12,44 b
L4	10,93 a	F4	10,97 a
L5	16,77 a	F5	11,11 a
L6	12,21 a	F6	11,31 a
L7	21,15 a	F7	21,07 a
L8	16,07 a	F8	16,13 a
L9	21,35 a	F9	20,43 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Observou-se uma diminuição nos aldeídos após a filtração da cachaça nas amostras L2-F2, L3-F3 e L9-F9, explicada pela remoção deles pelo filtro de carvão empregado, ou pela oxidação dos aldeídos aos respectivos ácidos carboxílicos ou, ainda, por uma possível evaporação durante o procedimento de filtração. Observou-se um aumento da concentração na amostra L1-F1. Esse fato pode ser explicado pelo fato de essa amostra apresentar uma maior acidez, quando comparada às demais amostras; possivelmente ocorreu a oxidação dos álcoois em aldeídos, aumentando assim a concentração destes.

Devido à grande quantidade de amostras deste experimento, e por elas apresentarem suas características peculiares, foi verificado aumento e, ao mesmo tempo, diminuição desse componente nas bebidas. Fazendo-se um comparativo com os resultados obtidos por Lima et al. (2006), que observaram não haver alteração desse componente, pode-se dizer que o resultado ficou dentro do esperado.

Em pesquisas realizadas por Vilela et al. (2005b), sobre o efeito da resina de troca catiônica na remoção de cobre e congêneres (aldeídos, ésteres e álcoois superiores) em cachaças antes e depois do envelhecimento, verificou-se que a resina retirou maior quantidade de cobre e menor quantidade de congêneres em cachaças antes do envelhecimento.

4.1.8 Ésteres

Os valores relativos aos valores médios da concentração de ésteres em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão descritos na Tabela 8.

TABELA 8 Valores médios da concentração de ésteres em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Ésteres (antes da filtração)	Amostras	Ésteres (depois da filtração)
L1	114,54 a	F1	148,27 b
L2	38,90 a	F2	42,72 b
L3	37,86 a	F3	32,09 a
L4	42,96 a	F4	48,53 b
L5	69,09 a	F5	64,31 b
L6	99,96 a	F6	101,43 a
L7	43,07 a	F7	45,76 b
L8	43,73 a	F8	43,25 a
L9	56,69 a	F9	60,25 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Todas as amostras analisadas estão dentro dos PIQ's exigidos pelo (Mapa). Os ésteres são formados nas reações de esterificação entre álcoois e ácidos carboxílicos durante o processo de envelhecimento. O aumento no teor de ésteres nas amostras L1-F1, L2-F2, L4-F4, L7-F7 e L9-F9 após a filtração da bebida deve-se ao fato de a adsorção ser resultado de ligações fracas que não contribuíram para a formação de ligações estáveis e permanentes, ocorrendo, assim, desorção dos ésteres entre a filtração entre as amostra.

Notou-se, portanto, uma diferença de resultados entre os dados obtidos e aqueles encontrados nos trabalhos de Anjos et al. (2005), Vilela et al. (2005b) e Anjos et al. (2006), em que o nível de ésteres diminuiu. Lima et al. (2006), pesquisando a influência de diferentes adsorventes e carvão ativado sobre aguardentes, verificaram que não ocorreu diferença significativa na redução do componente em seu trabalho.

Cantão (2006), utilizando aluminossilicatos como meio filtrante, mostrou que ocorreu a redução dos ésteres em menor concentração para a zeólita, e em maior concentração para a bentonita.

4.1.9 Cobre

Os valores relativos aos valores médios da concentração de cobre em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios da concentração de cobre em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Cobre (antes da filtração)	Amostras	Cobre (depois da filtração)
L1	1,23 a	F1	0,67 a
L2	1,14 a	F2	0,12 b
L3	0,73 a	F3	0,00 b
L4	3,13 a	F4	0,25 b
L5	2,21 a	F5	0,00 b
L6	1,20 a	F6	0,04 b
L7	3,50 a	F7	0,37 b
L8	2,86 a	F8	0,94 b
L9	0,72 a	F9	0,25 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Observa-se que todas as amostras analisadas estão dentro dos PIQ's exigidos pelo Mapa.

Pode-se observar pelos valores descritos na Tabela 9 que, após a filtração da bebida, ocorreu uma diminuição significativa desse metal em todas as amostras, com exceção da L1-F1, indicando o poder adsorvente do filtro. A remoção do cobre na bebida garante níveis seguros de ingestão, aliada à saúde

do consumidor, enquadrando o produto dentro das especificações necessárias à exportação da cachaça. Entretanto, o cobre é um metal desejável na bebida, desde que esteja no limite estabelecido pela legislação, pois catalisa algumas reações de enxofre, dando à cachaça artesanal um sabor diferenciado. Esse metal é proveniente dos equipamentos utilizados no processo de fabricação da bebida, os alambiques, onde, sob a forma de carbonato básico de cobre (azinhavre), se forma e se deposita nas paredes internas do equipamento. Quando ocorre a destilação, esse composto é dissolvido pelos vapores ácidos da bebida e a ela é incorporado (Cardoso, 2006; Cantanhede et al.2005).

Neste trabalho verificou-se que o carvão utilizado no processo de filtragem da bebida foi um ótimo adsorvente, reduzindo o metal a quase zero. Catanhede et al. (2005), utilizando outros meios filtrantes (sílicas), verificaram que a utilização de 1g de suas matrizes de (Si-Dia) e (Si-Ti-Dia) adsorveu 1,39 e 73,5 mmol de cobre, respectivamente.

Trabalhos realizados por Lima et al. (2006), com substâncias adsorventes em cachaças, mostraram que ocorreu maior adsorção desse metal nas concentrações de 12 e 26 g L⁻¹ a níveis de 3,5 e 0,2 mg L⁻¹ respectivamente, ressaltando que, quanto maior é a concentração de carvão, maior é a retirada dos congêneres.

Labanca et al. (2006) observaram em estudos com amostras de aguardentes de cana de várias regiões do estado de Minas Gerais, adquiridas no mercado consumidor de Belo Horizonte, uma variação nos teores de cobre de 0,05 a 8,10 mg/L. Entretanto, menores teores de cobre foram obtidos para a região metropolitana. Afirmou ainda que houve uma melhoria significativa na qualidade das aguardentes de cana mineiras com relação aos teores de cobre registrados na última década. Entretanto, os teores encontrados continuaram sendo barreiras a nível internacional para 49,3% dos produtores.

No estado do Rio Grande do Sul, esses resultados são mais alarmantes. Garbin et al. (2005) relataram um elevado teor de cobre em 38,3% das amostras analisadas, além de anormalidades quanto à limpidez em 72%.

4.1.10 Furfural

Os valores relativos aos valores médios da concentração do furfural em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 10.

TABELA 10 Valores médios da concentração do furfural em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Furfural (antes da filtração)	Amostras	Furfural (depois da filtração)
L1	39,78 a	F1	3,35 b
L2	25,10 a	F2	2,49 b
L3	10,38 a	F3	2,34 b
L4	4,66 a	F4	2,67 a
L5	7,70 a	F5	0 b
L6	23,98 a	F6	0 b
L7	7,60 a	F7	2,01 b
L8	4,28 a	F8	2,40 b
L9	25,62 a	F9	2,04 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

A concentração de furfural, composto oriundo das pentoses da madeira, tende a aumentar com a maturação do destilado. (Miranda et al., 2006).

Pode-se observar que apenas a amostra L4-F4 apresentou-se dentro dos PIQ's exigidos pelo (Mapa). Todas as outras amostras estão acima do limite máximo, chegando a ser 8 vezes maior. Infere-se, com esse fato, que um longo tempo de envelhecimento nem sempre trará boa qualidade à bebida.

Verificou-se que o processo de filtração foi eficiente na remoção desse composto, sendo esse um fator positivo na utilização da filtração com carvão, já que o furfural é nocivo à saúde humana, por ser potencialmente cancerígeno, reduzindo-o a níveis abaixo do limite estabelecido da Legislação (Masson et al. 2007).

Outros autores não se prenderam a analisar esse componente, pois sabe-se que esse é oriundo de processamento malconduzido e de queima da palha da cana-de-açúcar antes da colheita.

4.1.11 Soma dos compostos secundários

Os valores relativos aos valores médios da concentração da soma dos compostos secundários (SCS) em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 11.

TABELA 11 Valores médios da concentração de soma dos compostos secundários em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Amostras	Soma componentes secundários (antes da filtração)	Amostras	Soma componentes secundários (depois da filtração)
L1	449,45 a	F1	529,36 b
L2	325,36 a	F2	333,65 b
L3	316,46 a	F3	288,18 b
L4	276,43 a	F4	268,50 a
L5	443,85 a	F5	382,18 a
L6	452,53 a	F6	383,41 a
L7	276,32 a	F7	270,10 b
L8	306,10 a	F8	291,22 a
L9	361,78 a	F9	357,85 a

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

O aumento ou diminuição da SCS estão relacionados à soma dos congêneres (acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural + álcoois superiores) verificados anteriormente nesta pesquisa, e que apresentam uma grande variação de amostra para amostra.

4.1.12 Densidade

Os valores relativos aos valores médios da concentração da densidade em aguardentes de cana, antes e após a filtração, estão demonstrados na Tabela 12.

TABELA 12 Valores médios da concentração da densidade em cachaças antes (L) e após a filtração (F) em filtro com carvão de um filtro comercial

Densidade		Densidade	
Amostras	(antes da filtração)	Amostras	(depois da filtração)
L1	0,945383 a	F1	0,945167 b
L2	0,946167 a	F2	0,946483 a
L3	0,938550 a	F3	0,938817 b
L4	0,943900 a	F4	0,944363 a
L5	0,952917 a	F5	0,952768 a
L6	0,945717 a	F6	0,944833 a
L7	0,911167 a	F7	0,911670 b
L8	0,936200 a	F8	0,936900 a
L9	0,929450 a	F9	0,929300 b

Médias com a mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Observa-se uma pequena diminuição na densidade após a filtração da cachaça para as amostras L1-F1, L5-F5, L6-F6 e L9-F9. Essa redução pode ser explicada pela interação entre o álcool e o filtro de carvão, ou pela evaporação do álcool durante a filtração.

Nesses casos, ocorreu na bebida um aumento da quantidade de água, e esta apresenta uma maior densidade que o álcool.

O ligeiro aumento da densidade das amostras L2-F2, L3-F3, L4-F4, L7-F7 e L8-F8 está relacionado inversamente à diminuição dessas características citadas anteriormente. Pôde-se verificar que a diferença dos resultados da densidade foi muito pequena. Esse fato foi confirmado nos trabalhos de Anjos et al. (2005), nos quais não ocorreram alterações desse componente.

4.2 Análise sensorial

4.2.1 Análise descritiva quantitativa ADQ[®]

4.2.2 Treinamento e seleção de provadores

Conforme a metodologia empregada nos doze provadores que passaram pela etapa de treinamento para a ADQ[®], somente sete provadores foram selecionados por se enquadrarem aos padrões estabelecidos pela metodologia empregada nesta pesquisa.

O desempenho dos provadores foi analisado por meio dos valores de pF amostra e pF repetição, que estão apresentados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente. Os provadores que apresentaram valores de $pF_{amostra} < 0,50$ e $pF_{repetição} \geq 0,05$ foram selecionados para análise definitiva das amostras.

TABELA 13 Desempenho de sete provadores para discriminação entre amostras ($pr > 0,05$ entre amostras)

Provador	Atributo				
	Cor	Aroma Madeira	Aroma Alcoólico	Sabor alcoólico	Sabor Madeira
1	0,0010	0,0056	0,0060	0,0024	0,0012
2	0	0,0001	0,0007	0,1785	0,0004
3	0,0006	0,0004	0,0005	0,4023	0
4	0,0009	0,0020	0,0001	0,0001	0,0009
5	0	0,0006	0,0001	0,0034	0,0015
6	0	0	0,0096	0,0001	0
7	0,0003	0,0001	0,0007	0,0003	0,0003

TABELA 14 Desempenho de sete provadores para discriminação entre repetição (pr > maior que 0,05 entre amostras)

Provador	Atributo				
	Cor	Aroma Madeira	Aroma Alcoólico	Sabor alcoólico	Sabor Madeira
1	0,0667	0,5534	0,5610	0,0591	0,6676
2	0,4547	0,6246	0,2240	0,9735	0,7265
3	0,3358	0,5826	0,9757	0,6246	0,1169
4	0,1854	0,3420	0,3168	0,2212	0,4001
5	0,4547	0,5894	0,0508	0,7941	0,3731
6	0,4547	0,1889	0,4883	0,8022	0,4547
7	0,1629	0,1203	0,2072	0,1060	0,9522

4.2.4 Avaliação das amostras: análise de ADQ[®]

Após o treinamento e seleção, os sete provadores selecionados participaram dos testes sensoriais definitivos. Avaliando-se as amostras L3-F3 e, separadamente, as L9-F9. Após a obtenção dos dados da avaliação sensorial definitiva das amostras, foi verificado, por meio de ANAVA, se havia diferença significativa entre as amostras e entre provadores, nos atributos avaliados, e também se havia ocorrido intenção significativa entre provador e amostra (Tabela 15 e 16). Observou-se diferença significativa ($Pr < 0,05$) entre as amostras L3-F3 para todos os atributos avaliados, com exceção do sabor alcoólico (Tabela 15).

TABELA 15 Valores da probabilidade de F para amostras L3-F3, provador e interação de amostra com provador

Atributos	Amostra	Provador	Amostra x Provador
Cor	0*	0,0528 ns	0,3088 ns
Aroma madeira	0*	0,6519 ns	0,3042 ns
Aroma alcoólico	0*	0,2005 ns	0,0545 ns
Sabor madeira	0*	0,0679 ns	0,1137 ns
Sabor alcoólico	0,1058 ns	0,2360 ns	0,1297 ns

*significativo a 5%; ns = não significativo

Em relação às amostras L9-F9, não se observou diferença significativa entre elas somente no aroma e sabor alcoólico (Tabela 16).

TABELA 16 Valores da probabilidade de F para amostras L9-F9, provador e interação de amostra com provador

Atributos	Amostra	Provador	Amostra x Provador
Cor	0*	0,0039*	0,0768 ns
Aroma madeira	0*	0,0768 ns	0,2520 ns
Aroma alcoólico	0,7835 ns	0,0091*	0,0528 ns
Sabor alcoólico	0,7083 ns	0,6234 ns	0,0797 ns
Sabor madeira	0*	0,2390 ns	0,1826 ns

* significativo a 5%; ns = não significativo.

Os valores da probabilidade de F para provador não foram significativos para todos os parâmetros, na avaliação das amostras L3-F3, o que significa que os provadores usaram as mesmas proporções da escala para uma mesma amostra. Para os atributos cor e aroma alcoólico nas amostras L9-F9, houve essa diferença. A interação entre amostra e provador também não se mostrou significativa para os parâmetros, demonstrando homogeneidade e consenso entre os provadores.

Stone & Sidel (1993) sugerem, para realização da análise final do ADQ[®] que se utilize entre 10 a 12 provadores. Zook & Pearce (1988) e Sidel et al. (1981) citam a utilização de 6 a 8 provadores para avaliação sensorial descritiva e Yokota (2005) utilizou resultados de 8 provadores, os quais não apresentaram interação grave. No presente trabalho, utilizaram-se 7 provadores, não havendo interação significativa.

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados estatísticos comparativos dos valores médios das características avaliadas nas amostras L3-F3 e L9-F9.

TABELA 17 Médias das notas dos provadores para os atributos de cor, aroma de madeira, aroma alcoólico, sabor de madeira e sabor alcoólico

Amostras	Notas de cor	Notas de aroma de madeira	Notas de aroma alcoólico	Notas de sabor de madeira	Notas de sabor alcoólico
F3	0,57 a	1,04 a	1,14 a	0,71 a	6,85 a
L3	4,90 b	6,61 b	6,71 b	4,67 b	7,28 a
F9	1,43 a	2,62 a	7,19 a	2,47 a	7,47 a
L9	7,19 b	7,76 b	7,14 a	6,85 b	7,38 a

Médias com a mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Com relação às amostras L9-F9, pode-se verificar que não foi percebida diferença significativa entre as amostras filtradas ou não filtradas, nos atributos de aroma e sabor alcoólico. Notou-se, assim como nas amostras L3-F3, redução na intensidade de coloração amarela, aroma e sabor de madeira.

Nas amostras L3-F3 pode não ter ocorrido percepção da diferença do sabor alcoólico devido ao alto teor de álcool das bebidas (aproximadamente 47% v/v). Nas amostras L9-F9, a não diferenciação dos atributos sabor e aroma alcoólico também pode ter ocorrido em razão do alto teor alcoólico (aproximadamente 52% v/v).

Durante o levantamento bibliográfico desta pesquisa, não foram encontrados trabalhos nos quais se fizeram uso de filtração em cachaças envelhecidas com qualquer meio adsorvente e que realizaram algum tipo de análise sensorial. Verificou-se nesta pesquisa que as bebidas sem filtração (cachaças envelhecidas) apresentavam maiores intensidades na cor, sabor e aroma de madeira. Fato esse comprovado pelos pesquisadores Cardello & Faria (2000), que também trabalharam com aguardentes envelhecidas e não envelhecidas, verificando que as amostras envelhecidas, na análise sensorial descritiva (ADQ[®]), apresentaram uma coloração amarela, aroma de madeira e de baunilha e sabor de madeira inicial e residual e também adstringência superiores ($p \leq 0,05$) que as bebidas não envelhecidas. Em outro trabalho realizado pelos mesmos autores (1998), verificando o perfil sensorial (ADQ[®]) da cachaça durante o período de 48 meses, constataram-se mudanças significativas ($p \leq 0,05$) ao longo do envelhecimento. Os pesquisadores observaram que a bebida com maior tempo de envelhecimento foi a que apresentou aroma de madeira e baunilha, doçura inicial e residual, coloração amarela, sabor inicial e residual de madeira pronunciados, sendo os descritores: aroma alcoólico, agressividade, sabor inicial e residual de álcool significativamente inferiores aos das demais amostras.

Alguns compostos presentes nas madeiras apresentam o sabor adocicado, como a vanilina, enquanto outros apresentam sabor amargo, como o siringaldeído, e muito contribuem para a modificação do sabor do produto durante o envelhecimento (Maia, 2002). Infere-se que esses compostos tenham sido retirados durante a filtração com carvão, fazendo com que a bebida voltasse a ficar com as características de uma cachaça nova, ou seja, sem cor e sabor mais acentuado.

5 CONCLUSÃO

O processo de filtração com carvão comercial reduziu as concentrações dos congêneres analisados, exceto dos ésteres que foram aumentados.

A avaliação sensorial, das cachaças armazenadas em tonéis de carvalho, demonstrou que a filtração ocasionou redução na intensidade, principalmente das características de cor, aroma e sabor de madeira, não sendo viável o emprego deste após o envelhecimento devido a grande perda dos congêneres adquiridos durante este processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Guidelines for the selection and training of sensory panel members**. Philadelphia: ASTM, 1981. p.35.

ANDRADE, L.A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO. M. das G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: ULFA, 2006. p.25-67.

ANJOS, J.P.; CARDOSO, M.G.; VILELA, F.J. Comparação do uso de um polímero sintético com resina comercial como adsorventes de cobre em aguardentes. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 19.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPq, 14.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/FAPEMIG, 9., 2006. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAPEMIG, 2006. p.351. CD ROM.

ANJOS, J.P.; CARDOSO, M.G.; VILELA, F.J.; MASON, J. Efeito da resina 2-pyrrolidinone, 1-ethenyl-, homopolymer, usada nas cervejarias, sobre cachaça artesanal mineira. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 28., 2005. Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Química, 2005. CD ROM.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DOS PRODUTORES DE CACHAÇA DE QUALIDADE. **Legislação da cachaça**. Disponível em: <<http://www.ampaq.com.br/legislacao.asp>>. Acesso em: 12 jan. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 2.314 de 04 de setembro de 1997**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/Decretos/Ant2001/Ant1999/Dec231497.htm>> . Acesso em: 24 mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 13, de 29 de junho de 2005**. Disponível em: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/ins/2005/in4932005.htm> . Acesso em: 24 mar. 2007.

BOZA, Y.; OETTERER, M. Envelhecimento de aguardente de cana. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v.33, n.1, p.8-15, 1999.

CANTÃO, F.O. **Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por aluminossilicatos**. 2006. 62p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Modificações físico-químicas e sensoriais de aguardentes de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.15, n.2, p.87-100, 1997.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.2, P.169-175. maio/jul. 1998.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Perfil sensorial e características físico-químicas de aguardentes comerciais brasileiras envelhecidas e sem envelhecer. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas. v.3, p.31-40, 2000.

CARDOSO, M.G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana de açúcar**. Lavras: UFLA, 2006. 444p.

CARVALHO, S.A.; MINIM, V.P.R. Perfil sensorial de aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes tipos de madeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Livro de Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2000. v.1, p.3-12.

CATANHEDE, L.B.; LIMA, J.B.; LOPES, G.S.; FARIAS, R.F.; BEZERRA, C.W. Uso de sílica e sílica-titânica organofuncionalizadas para a remoção de Cu (II) em aguardentes. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.500-505, jul./set. 2005.

CAVALHEIRO, S.F.L.; ANDRADE SOBRINHO, L.G.; FARIA, J. B.; CARDELLO, H. M. A. B. Influência do envelhecimento no teor de cobre em cachaças. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.21, n.1 p.99-108, jan./jun. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar Safra 2007/2008**: segundo levantamento, agosto/2007. Brasília, 2007.

DIAS, S.M.B.C. O processo da destilação. In: _____. CARDOSO, M.G. **Produção de aguardente de cana**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 138-202.

FERREIRA, D.F. **SISVAR**. Versão 4.6 (Build 61). Lavras: UFLA/DEX, 2003. Software.

GARBIN, R.; BOGUSZ JUNIOR, S.; MONTANO, M.A. Níveis de cobre em amostras de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1436-1440, nov./dez. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DA CACHAÇA. **Exportação da cachaça aumenta em 2008**. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=24437>>. Acesso em: 27 out. 2008.

LABANCA, R.A.; GLÓRIA, M.B.A.; GOUVEIA, V.J.P.; AFONSO, R.J.C.F. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes de cana produzidas no Estado de Minas Gerais. **Química Nova**, v.29, n.5, p.1110-1113, 2006.

LIMA, A.J.B. **Avaliação do emprego de substâncias adsorventes na melhoria da qualidade de cachaça com excesso de cobre**. 2005. 64p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobiotecnologia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, A.J.B.; CARDOSO, M.G.; GUERREIRO, M.C.; PIMENTEL, F.A. Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça. **Química Nova**, v.29, n.2, p.247-250, 2006.

LIMA, U.A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U.A. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: E. Blücher, 2001. v.4, p.145- 181.

LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P.S.; VIEIRA, A.H.; MARTINS, E.P.; PEQUENO, P.L.L. Castanha-do-brasil - opção para solo de baixa fertilidade na Amazônia. 2003. Disponível em: <<http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Trabalhos/017.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v. 1, p.368.

MAIA, A.B.R.A. Equipamentos para produção de cachaça. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.23, n.217, p.63-66, 2002.

MAIA, A.B. R A.; CAMPELO, E. A. P. **Tecnologia da cachaça de alambique**. Belo Horizonte: SEBRAE/MG/SINDEBEBIDAS, 2005. p. 129.

MAIA, G.N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D & Z, 2004.

MASSON, J.; CARDOSO, M.G.; VILELA, F.J.; PIMENTEL, F.A.; ANJOS, J. P. Parâmetros físico-químicos e cromatográficos em aguardentes de cana queimada e não queimada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1805-1810, nov./dez., 2007.

MINIM, V.P.M. **Análise sensorial**: estudos com consumidores. Viçosa: UFV, 2006. 225p.

MIRANDA, M.B.; HOII, J.; ALCARDE, A.R. Estudo do efeito da irradiação Gamma (^{60}CO) na qualidade da cachaça e no tonel de envelhecimento. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.4, p.772-778, out./dez. 2006.

PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Alterações metabólicas e funcionais do cobre em diabetes mellitus. **Revista Nutrição**. Campinas, v.12, n.3, p.213-224, set./dez. 1999.

SCHWAN, R.F.; CASTRO, H.A. Fermentação alcoólica. In: CARDOSO, M.G. (Ed.). **Produção de cachaça de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2006. p.101-135.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS/MG. **Diagnóstico da cachaça de Minas Gerais**. Belo Horizonte: SEBRAE, 2006.

SIDEL, J. L.; STONE, H.; BLOMMQUIST, J. Use and measure of sensory evaluatin in research and quality control. **Journal of dairy Science**, v. 64, n. 11, p. 2296-2302, 1981.

SMITH, D.V.; MARGOLSKEE, R. F. Making the sense of taste. **Scientific American**, v.1, n.2, p.20-28. Mar. 2001.

SOARES, J.E.C.; VAN LEEUWEN, J.; GOMES, J.B.M. O desenvolvimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em plantios agroflorestais no município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. 2004. Disponível em: <<http://www.inpa.gov.br/cpca/johannes/Emidio-Curitiba-2004.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2007.

SOUZA, M.H. de; MAGLIANO, M.M.; CAMARGOS, J.A.A.; SOUZA, M.R. de. **Madeiras tropicais brasileiras** = brazilian tropical woods. 2.ed. Brasília: IBAMA, 2002. 152 p.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2.ed. London: Academic, 1993. 337p.

VILELA, F. J.; CARDOSO, M. G.; ANJOS, J. P.; MASSON, J. Otimização do uso de resina de troca iônica em aguardente com excesso de cobre. In: ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 19., 2005, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Química, 2005a. p. 146-146. CD ROM.

VILELA, F. J.; CARDOSO, M. G.; ANJOS, J. P. Uso de resina de troca iônica em cachaça antes e depois do envelhecimento. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 18.; CONGRESSO DE EXTENSÃO, 1.; SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PIBIC/CNPq, 13. 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005b. p. 293-293.

YOKOTA, S. R. C. **Avaliação sensorial descritiva de cachaça envelhecida entre 18 e 24 meses 4 painéis de julgadores**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

YOKOTA, S. R. C.; COLODETI, S. R.; CHAVES, J. B. P.; ARAUJO, L. D.; CORREA, A. L.; MINIM, V. P. R. Análise sensorial descritiva de cachaça de alambique envelhecida por 18 meses em tonéis de madeiras brasileiras. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 5., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas, UNICAMP, 2003.

ZOOK, K. L.; PEARCE, J. H. Quantitative descriptive analysis. In: MOSKOWITZ, H. **Applied sensory of foods**. Boca Raton: CRC, 1988. v.1, p.43-71.

ANEXOS

ANEXO 1	Página
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	72

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Nome: _____

As informações contidas neste prontuário visam a firmar acordo por escrito, mediante o qual o responsável, o próprio sujeito objeto de pesquisa, autoriza sua participação, com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos e riscos a que se submeterá, a participar das análises sensoriais de cachaças, com capacidade de livre arbítrio e sem qualquer coação.

I - TÍTULO DO TRABALHO EXPERIMENTAL:

“Análises sensoriais de cachaças envelhecidas em diferentes madeiras, antes e após tratamento com filtros de carvão ativado”.

Pesquisador Responsável: Maria das Graças Cardoso

II – OBJETIVOS

Verificar fatores que interferem na qualidade das cachaças envelhecidas, antes e após utilização de filtros de carvão ativado por meio de análise sensorial.

III - JUSTIFICATIVA

Investigar os fatores que interferem na qualidade sensorial das cachaças envelhecidas após uso de filtro de carvão.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

AMOSTRA

As amostras foram coletadas mediante doação de alguns produtores da Região do Sul de Minas Gerais.

EXAMES

O experimento será realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência dos Alimentos – UFLA, de junho a setembro de 2008.

As informações pessoais serão obtidas com base nesta ficha de cadastramento, fichas estas que serão atualizadas no início do experimento.

V - RISCOS ESPERADOS

Não existem riscos aos provadores, desde que eles não estejam fazendo o uso de medicamentos controlados e tiver em algum sintoma alérgico à ingestão de cachaça.

VI – BENEFÍCIOS

- Verificar fatores que interferem na qualidade das cachaças;
- Investigar as principais diferenças entre as amostras de cachaças, antes e após a filtração com carvão ativado;
- Investigar se haverá diferenças significativas nos atributos sensoriais de cachaças.

VII - RETIRADA DO CONSENTIMENTO

O sujeito tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo a que está sendo ou será submetido na instituição.

VIII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

Não se aplica.

IX - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

PROVADOR

Eu, _____,
certifico que, tendo lido as informações acima e suficientemente esclarecido (a)
de todos os itens, estou plenamente de acordo com a realização do experimento.

Assim, eu autorizo a execução do trabalho de pesquisa exposto acima.

Lavras, ____ de _____ de 200__.

NOME (legível) _____ RG _____

ASSINATURA _____

ATENÇÃO: A sua participação em qualquer tipo de pesquisa é voluntária. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa da Unicor. Endereço – Av. Castelo Branco, 82 – Chácara das Rosas, Três Corações – MG.

No caso de qualquer emergência, entrar em contato com o pesquisador responsável, Profª. Drª. Maria das Graças Cardoso: (035) 3829-1201 no Departamento de Química - UFLA ou Profª. Drª. Ana Carla Marques Pinheiro. Telefones de contato: (035) 3829-1406 ou 3829-1391, no Departamento de Ciência dos Alimentos - UFLA.

ANEXO 2

	Página
Modelo de ficha utilizado para realização dos testes triangulares.....	76
Modelo de ficha da avaliação sensorial da cachaça.....	77

Modelo de ficha utilizada para realização dos testes triangulares.

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL (Teste triangular)		
Nome:	Data:	
Por favor, prove as amostras de cachaça codificadas da esquerda para a direita. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Identifique com um círculo a amostra diferente em relação ao sabor.		
	_____	_____
Comentários:	_____	

ANEXO 3	Página
QUADRO 1A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 1.....	79
QUADRO 2A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 2.....	80
QUADRO 3A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 3.....	81
QUADRO 4A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 4.....	82
QUADRO 5A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 5.....	83
QUADRO 6A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 6.....	84
QUADRO 7A. Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 7.....	85
QUADRO 8A. Análise de variação dos atributos das amostras L3-F3....	86
QUADRO 9A. Análise de variação dos atributos das amostras L9-F9....	87

QUADRO 1A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 1

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	104,00	0,0001
Repetição	3	9,58	0,0667
Erro	6	4,67	
Total	11		
CV (%)	27,14		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	108,50	0,0056
Repetição	3	9,00	0,5534
Erro	6	23,50	
Total	11		
CV (%)	56,54		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	64,67	0,0006
Repetição	3	2,25	0,5610
Erro	6	6,00	
Total	11		
CV (%)	20,34		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	8,67	0,0024
Repetição	3	10,92	0,0591
Erro	6	1,33	
Total	11		
CV (%)	7,97		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	101,17	0,0012
Repetição	3	3,33	0,6676
Erro	6	12,17	
Total	11		
CV (%)	53,40		

QUADRO 2A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 2

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	100,67	0
Repetição	3	1,67	0,4547
Erro	6	3,33	
Total	11		
CV (%)	23,54		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	98,67	0,0001
Repetição	3	1,67	0,6246
Erro	6	5,33	
Total	11		
CV (%)	22,63		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	60,17	0,0007
Repetição	3	5,67	0,2240
Erro	6	5,83	
Total	11		
CV (%)	25,72		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	34,67	0,1785
Repetição	3	1,58	0,9735
Erro	6	44,67	
Total	11		
CV (%)	50,37		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	128,67	0,0004
Repetição	3	2,25	0,7265
Erro	6	10,00	
Total	11		
CV (%)	29,23		

QUADRO 3A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 3

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	98,17	0,0006
Repetição	3	6,33	0,3358
Erro	6	9,17	
Total	11		
CV (%)	43,62		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	110,17	0,0004
Repetição	3	3,00	0,5826
Erro	6	8,50	
Total	11		
CV (%)	37,59		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	87,17	0,0005
Repetição	3	0,25	0,9757
Erro	6	7,50	
Total	11		
CV (%)	21,99		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	0,67	0,4023
Repetição	3	1,67	0,6246
Erro	6	5,33	
Total	11		
CV (%)	13,80		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	129,17	0
Repetição	3	2,25	0,1169
Erro	6	1,50	
Total	11		
CV (%)	17,14		

QUADRO 4A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 4

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	94,50	0,0009
Repetição	3	11,33	0,1854
Erro	6	10,17	
Total	11		
CV (%)	43,39		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	78,17	0,0020
Repetição	3	7,58	0,3420
Erro	6	11,17	
Total	11		
CV (%)	44,25		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	46,17	0,0001
Repetição	3	14,25	0,3168
Erro	6	2,50	
Total	11		
CV (%)	13,13		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	12,67	0,0001
Repetição	3	7,33	0,2212
Erro	6	0,67	
Total	11		
CV (%)	5		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	116,67	0,0009
Repetição	3	7,33	0,4001
Erro	6	12,67	
Total	11		
CV (%)	43,59		

QUADRO 5A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 5

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	112,16	0
Repetição	3	0,25	0,4547
Erro	6	0,50	
Total	11		
CV (%)	9,36		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	72,17	0,0006
Repetição	3	2,25	0,5894
Erro	6	6,50	
Total	11		
CV (%)	23,57		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	33,50	0,0001
Repetição	3	8,67	0,0508
Erro	6	1,83	
Total	11		
CV (%)	11,06		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	51,50	0,0034
Repetição	3	1,58	0,7941
Erro	6	9,17	
Total	11		
CV (%)	23,54		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	79,17	0,0015
Repetição	3	6,33	0,3731
Erro	6	10,17	
Total	11		
CV (%)	31,24		

QUADRO 6A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 6

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	106,17	0
Repetição	3	0,92	0,4547
Erro	6	1,83	
Total	11		
CV (%)	13,54		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	100,50	0
Repetição	3	0,92	0,1889
Erro	6	0,83	
Total	11		
CV (%)	7,85		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	40,67	0,0096
Repetição	3	124,92	0,4883
Erro	6	273,33	
Total	11		
CV (%)	124,61		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	28,50	0,0001
Repetição	3	0,25	0,8022
Erro	6	1,50	
Total	11		
CV (%)	9,52		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	78,17	0
Repetição	3	0,25	0,4547
Erro	6	0,50	
Total	11		
CV (%)	9,36		

QUADRO 7A Análise de variação das características referente ao treinamento do provador número 7

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	54,17	0,0003
Repetição	3	4,67	0,1629
Erro	6	3,83	
Total	11		
CV (%)	34,26		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	68,67	0,0001
Repetição	3	4,92	0,1203
Erro	6	3,33	
Total	11		
CV (%)	25,56		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	29,17	0,0007
Repetição	3	2,92	0,2072
Erro	6	2,83	
Total	11		
CV (%)	20,11		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	36,17	0,0003
Repetição	3	15,00	0,1060
Erro	6	2,50	
Total	11		
CV (%)	15,49		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	2	83,17	0,0003
Repetição	3	0,33	0,9523
Erro	6	6,17	
Total	11		
CV (%)	32,01		

QUADRO 8A Análise de variação dos atributos das amostras **L3-F3**

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	197,17	0
Provador	6	8,95	0,0528
Amostra*Provador	6	4,67	0,3088
Erro	28	17,33	
Total	41		
CV (%)	28,74		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	325,93	0
Provador	6	4,00	0,6519
Amostra*Provador	6	7,24	0,3042
Erro	28	26,67	
Total	41		
CV (%)	25,46		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	325,93	0
Provador	6	6,62	0,2005
Amostra*Provador	6	10,24	0,0545
Erro	28	20,00	
Total	41		
CV (%)	21,51		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	146,02	0
Provador	6	13,48	0,0679
Amostra*Provador	6	11,48	0,1137
Erro	28	28,00	
Total	41		
CV (%)	37,17		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	1,93	0,1058
Provador	6	5,95	0,2360
Amostra*Provador	6	7,57	0,1297
Erro	28	19,33	
Total	41		
CV (%)	11,75		

QUADRO 9A Análise de variação dos atributos das amostras **L9-F9**

Cor			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	348,60	0
Provador	6	10,81	0,0039
Amostra*Provador	6	5,57	0,0768
Erro	28	12,00	
Total	41		
CV (%)	15,19		
Aroma de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	277,71	0
Provador	6	15,48	0,0768
Amostra*Provador	6	9,95	0,2520
Erro	28	33,33	
Total	41		
CV (%)	21,02		
Aroma alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	0,02	0,7835
Provador	6	6,67	0,0091
Amostra*Provador	6	4,48	0,0528
Erro	28	8,67	
Total	41		
CV (%)	7,76		
Sabor de madeira			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	201,52	0
Provador	6	20,00	0,2390
Amostra*Provador	6	22,48	0,1826
Erro	28	65,33	
Total	41		
CV (%)	32,73		
Sabor alcoólico			
FV	GL	SQ	Pr > Fc
Amostra	1	0,10	0,7083
Provador	6	2,95	0,6234
Amostra*Provador	6	8,57	0,0797
Erro	28	18,67	
Total	41		
CV (%)	10,99		