**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Produção de aguardentes de cana-de-açúcar por dupla destilação em
alambique retificador**

Paula Araújo de Souza

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Ciências. Área de
concentração: Ciência e Tecnologia de
Alimentos**

**Piracicaba
2009**

Paula Araújo de Souza
Nutricionista

**Produção de aguardentes de cana-de-açúcar por dupla destilação em alambique
retificador**

Orientador:
Prof. Dr. **ANDRÉ RICARDO ALCARDE**

**Dissertação apresentada para
obtenção do título de Mestre em
Ciências. Área de concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Souza, Paula Araújo de

Produção de aguardentes de cana-de-açúcar por dupla destilação em alambique
retificador / Paula Araújo de Souza . - - Piracicaba, 2009.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Aguardente 2. Análise sensorial de alimentos 3. Bebidas alcoólicas 4. Cana-de-açúcar
5. Destilação I. Título

CDD 663.53
S729p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

***Dedico e ofereço aos meus amados pais
Ângela e José Alberto, por serem a razão e o
porquê de tudo na minha vida. Não há palavras
que expressem o meu amor por vocês!***

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre presente na minha vida, protegendo, abençoando e guiando os meus passos e os daqueles que amo;

Aos meus amados e queridos pais Ângela e José Alberto, pelos grandiosos ensinamentos e exemplos de seres humanos e profissionais, pelo carinho, zelo, proteção, colo, incentivo, amizade, concretização de sonhos, cumplicidade e amor imensuráveis e incondicionais. Vocês são os maiores orgulho e felicidade para o meu coração. Obrigada por serem perfeitos aos meus olhos e coração. Amo³ vocês sem limites...;

Ao meu amado irmão Fernando, pelo nosso amor, amizade, companheirismo, abraços apertados e sorrisos iluminados todos os dias. Ter você, ao meu lado, no dia a dia, me fez e me faz mais forte e feliz;

Ao meu amado namorado Paulo, pelo nosso companheirismo, amor, cuidado, presença, compreensão e carinho sempre.. sempre.. sempre. Você torna meus dias mais doces e coloridos. A sua família, pelo grande carinho;

À vovó Didi, ao vovô João e à vovó Betinha, pelo amor, carinho, preocupação e inúmeras orações;

Ao vovô José (eterna saudade), por estar sempre presente no meu coração;

Às minhas madrinhas e padrinho, tias e tios, primas e primos, pelo eterno carinho. Em especial, à dindinha Cristina e afilhada Rachel, pelo amor e incentivo;

Às minhas amigas - Ana Helena, Paloma e Luciana, pela verdadeira amizade, mesmo a longas distâncias;

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Ricardo Alcarde, pela confiança, oportunidade, dedicação, orientação, ensinamentos e infinitas ajudas;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, pela oportunidade de realização deste projeto;

A todos os professores e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pelos ensinamentos científicos e atenção sempre carinhosa;

Aos funcionários do laboratório de Açúcar e Álcool – Dito, Gil, Joana, Regina e Vana. E, em especial, ao Pedrinho, Sylvino e à Rose pela acolhida, auxílios indispensáveis nos experimentos e análises, carinho e momentos de descontração;

A todos os estagiários que passaram pelo projeto, em especial à Renata, Camila e Patrícia pela companhia e papos durante as longas destilações e análises;

À Helena Finardi Álvares Scanavini, por ter se tornado uma grande companheira e amiga, pelos grandes ensinamentos e valiosas ajudas sempre;

Aos meus colegas de mestrado: Dieta, Polé, Adna, Milla, Carlinha, Já Era, Carla e a todos os outros, pelas ajudas e convivência carinhosa;

Aos participantes das análises sensoriais, pela colaboração;

Aos membros da banca examinadora, pela participação e valiosas sugestões;

À bibliotecária Sílvia Maria Zinsly, pelo auxílio técnico na revisão deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Douglas Wagner Franco, pela gentil colaboração na análise de carbamato de etila;

Ao Prof. Dr. André Luis Teixeira Fernandes, pela confiança, credibilidade, incentivo e grandiosa ajuda na realização do sonho do mestrado;

Ao Prof. Dr. Ricardo Gonçalves Coelho, pelo incentivo e carinho;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa concedida e apoio financeiro ao projeto (07/53017-7);

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração e conclusão deste projeto;

Minha eterna gratidão a todos vocês...

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE FIGURAS	19
1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Histórico da aguardente	23
2.2 Diferenciação entre aguardente e cachaça	24
2.3 Caracterização dos componentes da aguardente	25
2.3.1 Cobre	27
2.3.2 Acidez volátil	27
2.3.3 Ésteres	27
2.3.4 Aldeídos	28
2.3.5 Álcoois superiores	28
2.3.6 Furfural	28
2.3.7 Metanol	29
2.3.8 Carbamato de etila	29
2.3.9 Etanol	29
2.4 Importância econômica e social	29
2.5 Processo de produção da aguardente	31
2.5.1 Matéria-prima	31
2.5.2 Caldo de cana-de-açúcar	32
2.5.3 Mosto	33
2.5.4 Fermentação	34
2.5.5 Componentes secundários	35
2.5.6 Destilação	37
2.6 Composição qualitativa da aguardente	39
2.7 Técnicas de destilação	40

2.7.1 Destilação simples	40
2.7.2 Dupla destilação	41
2.7.3 Destilação para produção de <i>cognac</i>	42
2.7.4 Destilação para produção de <i>whisky</i>	43
2.8 Envelhecimento	43
2.9 Análise sensorial	44
3 OBJETIVOS	47
4 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1 Material	49
4.2 Métodos	49
4.2.1 Extração do caldo de cana-de-açúcar	49
4.2.2 Tratamento de purificação do caldo de cana-de-açúcar	49
4.2.3 Padronização do caldo de cana-de-açúcar	49
4.2.4 Fermentação do caldo de cana-de-açúcar	50
4.2.5 Destilação do vinho	50
4.2.6 Métodos utilizados para dupla destilação	52
4.2.7 Método utilizado para aguardente testemunha	53
4.2.8 Envelhecimento das aguardentes	54
4.2.9 Análises físico-químicas	54
4.2.9.1 Acidez volátil	55
4.2.9.2 Furfural	55
4.2.9.3 Graduação alcoólica	55
4.2.9.4 Aldeídos, ésteres, metanol e álcoois superiores	55
4.2.9.5 Cobre	56
4.2.9.6 Carbamato de etila	56
4.2.9.7 Composto fenólicos totais	57
4.2.9.8 Cor	57
4.2.10 Análise sensorial	57
4.2.11 Análise estatística	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1 Caldo e vinho de cana-de-açúcar	61

5.2 Curvas de volatilização dos componentes	62
5.2.1 Primeira destilação	62
5.2.2 Segunda destilação	66
5.3 Análise química das aguardentes	70
5.3.1 Produção de aguardente segundo processo do <i>cognac</i> (LÈAUTÈ, 1990)	70
5.3.2 Produção de aguardente segundo processo do <i>whisky</i> (PIGGOTT, 2003)	77
5.3.3 Produção da aguardente testemunha	82
5.3.4 Determinação dos teores de carbamato de etila	83
5.3.5 Compostos fenólicos totais e cor	84
5.4 Análise sensorial	84
6 CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	91

RESUMO

Produção de aguardentes de cana-de-açúcar por dupla destilação em alambique retificador

O Brasil produz atualmente cerca de 1,5 bilhão de litros de aguardente e cachaça por ano. O aumento do consumo dessa bebida e a possibilidade de exportação exigem que seu processo de fabricação seja baseado em práticas corretas visando à obtenção de um produto padronizado e com boa qualidade físico-química e sensorial. O objetivo deste trabalho foi a produção de aguardentes por dupla destilação em alambique retificador, por métodos utilizados na produção de *cognac* e *scotch malt whisky*. Foi possível estudar como essas técnicas de destilação interferem no perfil dos componentes secundários da bebida e, conseqüentemente, em sua qualidade, uma vez que contribuem para seu aroma e sabor, sendo indicadores de qualidade e aceitação pelos consumidores. As aguardentes foram maturadas em tonéis de carvalho e submetidas às análises físico-químicas estabelecidas pela legislação vigente no Brasil, e à análise sensorial. Os resultados obtidos revelaram que as técnicas de dupla destilação empregadas proporcionaram melhora na qualidade química e sensorial das aguardentes, podendo representar uma opção válida para um melhor controle da produção e da padronização da aguardente de cana. A melhora da qualidade da aguardente poderá incrementar a aceitação pelos consumidores habituais, ganhar novos consumidores e contribuir para a expansão das exportações. A dupla destilação, como preconizada por este trabalho é uma alternativa para a melhoria da qualidade das aguardentes.

Palavras – chave: Aguardente; Dupla destilação; Qualidade; *Whisky*; *Cognac*; Análise sensorial

ABSTRACT

Production of sugar cane spirits for double distillation in rectifying still

Nowadays the production of sugar cane spirits reaches around 1.5 billion liters per year. The increase of its consumption and the possibility of exportation require a production process based on accurate management practices in order to obtain a standardized product with good physicochemical and sensory qualities. The objective of this work was to produce sugar cane spirits by double distillation in rectifying still, based on the methods for the production of cognac and scotch malt whisky. It was possible to study how the distillation techniques affected the profiles of secondary components of the distillates, and consequently spirits' quality, once these components contribute for aroma and flavor, being indicators of quality and consumer's acceptance. The sugar cane spirit were aged in oak casks and submitted to physicochemical and sensorial analyses established for the current law in Brazil. The results showed that the techniques of double distillation improved the chemical and sensorial quality of the spirits. The improvement of sugar cane spirit's quality would lead to a better acceptance by usual consumers, would acquire new ones and would contribute for export expansion. The double distillation represents an interesting option for the quality improvement and the standardization of sugar cane spirit.

Keywords: Sugar cane spirit; Double distillation; Quality; Scotch Malt Whisky; Cognac; Sensory analysis

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas para aguardente e cachaça estabelecidas pela legislação brasileira	26
Tabela 2 – Análises dos caldos de cana-de-açúcar nos métodos utilizados	61
Tabela 3 – Análises dos vinhos de cana-de-açúcar nos métodos utilizados	61
Tabela 4 - Composição das frações separadas pela dupla destilação seguindo o método de produção de <i>cognac</i>	72
Tabela 5 – Análises da composição química realizada em <i>whiskies</i> e <i>cognac</i>	74
Tabela 6 – Composição das frações separadas durante as destilações seguindo o método de produção de <i>whisky</i>	78
Tabela 7 – Composição química da aguardente testemunha	83
Tabela 8 - Resultados dos teores de carbamato de etila encontrados nas amostras de aguardentes	83
Tabela 9 – Polifenóis totais (mg/100mL ácido gálico) e intensidade de cor (%T a 420nm) das aguardentes	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caldo e adição do fermento em dorna fermentadora de 13L	50
Figura 2 - Esquema detalhado do destilador retificador	51
Figura 3 – Destilador retificador utilizado no experimento	52
Figura 4 - Maturação das aguardentes em tonéis de carvalho de 10L	54
Figura 5 - Kit para análise de cobre da HACH	56
Figura 6 - Modelo utilizado do questionário de avaliação para análise sensorial	58
Figura 7 - Curva de volatilização dos ácidos voláteis durante a primeira destilação .	62
Figura 8 - Curva de volatilização dos aldeídos durante a primeira destilação	63
Figura 9 - Curva de volatilização dos ésteres durante a primeira destilação	63
Figura 10 - Curva de volatilização do metanol durante a primeira destilação	64
Figura 11 - Curva de volatilização dos álcoois superiores durante a primeira destilação	64
Figura 12 - Curva de volatilização do coeficiente de congêneres durante a primeira destilação	65
Figura 13 - Curva de volatilização do etanol durante a primeira destilação	65
Figura 14 - Curva de volatilização dos ácidos voláteis durante a segunda destilação	66
Figura 15 - Curva de volatilização dos aldeídos durante a segunda destilação	67
Figura 16 - Curva de volatilização dos ésteres durante a segunda destilação	67
Figura 17 - Curva de volatilização do metanol durante a segunda destilação	68
Figura 18 - Curva de volatilização dos álcoois superiores durante a segunda destilação	68
Figura 19 - Curva de volatilização do coeficiente de congêneres durante a segunda destilação	69
Figura 20 - Curva de volatilização do etanol durante a segunda destilação	69
Figura 21 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a primeira monodestilação (B-I)	75
Figura 22 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante segunda monodestilação (B-II)	76
Figura 23 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a terceira monodestilação (B-III)	76
Figura 24 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda destilação (B-IV)	77

Figura 25 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a primeira monodestilação (A-I)	80
Figura 26 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda monodestilação (A-II)	81
Figura 27 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a terceira monodestilação (A-III)	81
Figura 28 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda destilação (A-IV)	82
Figura 29 – Representação gráfica em relação à aparência das aguardentes analisadas	85
Figura 30 – Representação gráfica em relação ao aroma das aguardentes analisadas	85
Figura 31 – Representação gráfica em relação ao sabor das aguardentes analisadas	86
Figura 32 – Representação gráfica em relação à atitude de compra dos provadores em relação as aguardentes apresentadas	86

1 INTRODUÇÃO

A aguardente de cana-de-açúcar (graduação alcoólica de 38 a 54% em volume, a 20°C) e a cachaça (graduação alcoólica de 38 a 48% em volume, a 20°C) são produtos alcoólicos obtidos pela destilação de mosto de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) fermentado (BRASIL, 1997).

A produção de aguardente de cana e de cachaça no Brasil atinge 1,5 bilhão de litros anuais, representando 87% da produção nacional de bebidas alcoólicas destiladas (FRANCO, 2002). O setor emprega mais de 600 mil trabalhadores diretos e indiretos com investimentos de 16 milhões de reais desde o ano de 2002 e crescimento anual entre 4% e 5% no Brasil e 8% no exterior com exportação de 14 milhões de litros por ano (PITONDO, 2008). É considerada a bebida destilada mais consumida no Brasil e no mundo ocupa o terceiro lugar, depois da vodca e dos uísques.

A análise de investimentos na produção de aguardente deve levar em conta que o mercado apresenta um consumo elevado. O produto mostrou algumas mudanças de mercado que não podem deixar de ser consideradas. Até alguns anos atrás, o produto de forte conotação popular e de consumo restrito às classes de mais baixa renda, já alcançou público de renda mais elevada, incluindo o mercado externo (ESPERANCINI, 2005).

A produção de aguardente no Brasil destina-se quase totalmente ao mercado interno, em que o consumo é hábito amplamente difundido especialmente entre a população de baixo poder aquisitivo, visto ser bebida de preço relativamente baixo. A parcela de produção destinada ao mercado externo é pouco significativa. Pesquisas de âmbito nacional apontam que alterações na qualidade da aguardente resultariam em melhor acolhida do produto não só pelos consumidores, como também por não consumidores, além de propiciar condições para aumentar o volume de exportação (LIMA NETO E FRANCO, 1994).

Porém, apesar da tradição e importância desta bebida, principalmente a cachaça produzida em alambique, que agrega maior valor ao produto, a falta de padronização do processo e a não utilização de adequadas tecnologias de produção têm levado à

fabricação de aguardentes de baixa qualidade, sem padronização, não atendendo as exigências da legislação nacional e muito menos da internacional voltadas para exportação (MIRANDA et al., 2007).

E para isso há uma legislação nacional (BRASIL, 2005), de responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, cujos padrões de identidade e qualidade da aguardente devem estar de acordo com a Instrução Normativa nº 13 de 30 de junho de 2005. Onde este órgão estabelece a composição química, os requisitos de qualidade e a concentração máxima permitida de contaminantes dessas bebidas. Esses padrões e seus respectivos limites têm a finalidade de moderar a influência de cada um dos componentes na proteção à saúde pública e na qualidade da bebida, não significando, entretanto, que a cachaça que ali se enquadre possa ser considerada um produto de qualidade sensorial superior.

Portanto, o aprimoramento da qualidade e da padronização da aguardente nacional é essencial para que a bebida atenda aos padrões de qualidade e seja aceita pelo mercado externo e pelas classes de maior poder aquisitivo do mercado interno, devendo ser objetivos essenciais dos produtores de bebidas destiladas.

Em vista disso foi investigada a produção de cachaça por dupla destilação segundo os métodos de produção de *whisky* e *cognac*, analisando-se sua influência na composição, sobretudo em relação aos componentes secundários e, conseqüentemente, na qualidade do destilado de cana-de-açúcar. Os componentes secundários são minoritários, mas contribuem para o aroma e o sabor da bebida, sendo indicadores de qualidade e aceitação dos consumidores. Assim, com essa técnica pretendeu-se produzir uma aguardente de alta qualidade, diferenciada das aguardentes comerciais e das artesanais comuns.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico da aguardente

Após o descobrimento do Brasil, Portugal procurou desenvolver a cultura e a industrialização da cana-de-açúcar na sua nova colônia, trazida pelos donatários e donos de engenhos, visando inicialmente à produção de rapadura (LIMA, 1983).

Não há registros exatos sobre qual teria sido o primeiro engenho a produzir aguardente de cana, porém é possível afirmar que já era fabricada nas primeiras décadas a partir do descobrimento do Brasil. Segundo fontes documentais dos anos de 1762 a 1817, já existiam naquela época dois tipos de bebidas destiladas, uma obtida diretamente do caldo de cana fermentado e chamada aguardente de cana e outra obtida a partir do resíduo dos engenhos e chamada de aguardente de mel ou cachaça.

Diante da predileção popular pela cachaça, que era mais barata e abundante que as bebidas portuguesas, muitos engenhos passaram a valorizar mais a sua produção do que a do açúcar. Diante disso, a Companhia de Comércio recorreu à Ciência do Conselho da Coroa e, em 13 de setembro de 1649, a Carta Real proibiu a fabricação da bebida em toda a Colônia. Entretanto, uma produção oculta e teimosa continuou se desenvolvendo. Segundo Cascudo (1983), esse ato da Coroa foi inoperante, ineficaz e desastroso, estimulando a clandestinidade e o contrabando da bebida. Em face disso, e sob forte pressão da Colônia, em 1661, o Rei D. Afonso VI suprimiu a proibição, porém, logo vieram as taxações. Em 1756, os impostos sobre a comercialização da aguardente contribuíram para a reconstrução de Lisboa, que havia sido parcialmente destruída por um grande terremoto. Existia ainda o subsídio literário imposto à produção da bebida e destinado às faculdades da Corte. A nova bebida transformou-se também em verdadeiro símbolo dos ideais de liberdade junto aos Inconfidentes e outros movimentos revolucionários. No tempo da transmigração da Corte para o Rio de Janeiro, em 1808, a cachaça já era considerada um dos principais produtos da economia e era moeda corrente para a compra de escravos na África, sendo também usada como alimento complementar das dietas consumidas nas travessias do Atlântico.

De acordo com Lima (1983), até o final da II Guerra Mundial, a indústria da cachaça era essencialmente rural, envolvendo um grande número de fábricas rudimentares, tecnicamente atrasadas e com pequeno volume de produção. Geralmente, o próprio proprietário da fábrica, com a ajuda da sua família, plantava a cana e comercializava a aguardente que produzia. Poucos produtores engarrafavam seu produto e quase não havia engarrafadores exclusivos.

O aumento da população e do consumo pós-guerra, juntamente com o hábito de beber cachaça, levou ao aumento das lavouras e da capacidade de produção das destilarias e com elas a necessidade de conhecimentos técnicos e científicos, desde a cultura da cana-de-açúcar ao engarrafamento da bebida (LIMA, 1992). Assim, os pequenos alambiques cederam espaço para as grandes instalações, equipadas com colunas de destilação contínua e começaram a surgir também as grandes engarrafadoras, com marcas comerciais próprias, hoje espalhadas por todo país (LIMA, 1983).

Resumindo o processo, a destilação consiste na geração de vapores de álcool na caldeira, sua passagem à serpentina de refrigeração através do capitel e do tubo de condensação e daí para fora do alambique, na forma de uma mistura líquida com teor de álcool muito superior à do vinho de cana de onde se originou (LIMA, 1983).

A aguardente de cana-de-açúcar é uma bebida tipicamente brasileira, que vem conquistando uma parcela crescente do mercado internacional de bebidas destiladas por ser considerada exótica e de sabor especial. Em 2004, o volume exportado foi de 14,8 milhões de litros, segundo a Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE, 2006), o que corresponde a apenas 1% do volume total produzido, sendo Alemanha, Portugal e Estados Unidos os principais países importadores da aguardente.

2.2 Diferenciação entre aguardente e cachaça

Aguardente de cana possui uma graduação alcoólica de 38 a 54% em volume, a 20°C, obtida de destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ou pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada

de açúcares até 6 g L⁻¹. A aguardente de cana envelhecida refere-se à bebida que contiver, no mínimo, 50% de aguardente de cana envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 litros, por um período não inferior a um ano (BRASIL, 1997).

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil (BRASIL, 2001), com graduação alcoólica de 38 a 48% em volume, a 20°C e com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g L⁻¹ (BRASIL, 2002). Cachaça envelhecida, cachaça *premium* e cachaça extra *premium* seguem as mesmas definições descritas para aguardentes dos mesmos tipos. Aguardente de cana e cachaça envelhecida, aguardente de cana e cachaça *premium* e aguardente de cana e cachaça extra *premium* podem ser adicionadas de caramelo para correção de cor (BRASIL, 2005).

2.3 Caracterização dos componentes da aguardente

Tanto a aguardente de cana como a cachaça estão submetidas à legislação nacional (BRASIL, 2005), de responsabilidade do MAPA, que estabelece a composição química, os requisitos de qualidade e a concentração máxima permitida de contaminantes dessas bebidas, conforme Tabela 1.

O recente decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.

Esses padrões e seus respectivos limites têm a finalidade de moderar a influência de cada um desses componentes na proteção à saúde pública e na qualidade da bebida, não significando, entretanto, que a cachaça que ali se enquadre possa ser considerada um produto de qualidade sensorial superior.

De acordo com a Instrução Normativa nº 13 de 30 de junho de 2005, a concentração máxima de álcoois superiores permitida é 360 mg/100 mL⁻¹ de álcool anidro, e não mais 300 mg/100 mL⁻¹, favorecendo a conformidade de cachaças anteriormente consideradas fora dos padrões legais do MAPA (BRASIL, 2005).

Tabela 1 - Características físicas e químicas para aguardente e cachaça estabelecidas pela legislação brasileira

Componentes	Unidade	Limite	
		Mínimo	Máximo
Cobre	mg / L	...	5,0
Carbamato de etila	µg / L	...	150
Acidez volátil (em ácido acético)	mg / 100 mL álcool anidro	...	150
Ésteres totais (em acetato de etila)	mg / 100 mL álcool anidro	...	200
Aldeídos (em aldeído acético)	mg / 100 mL álcool anidro	...	30
Álcoois superiores *	mg / 100 mL álcool anidro	...	360
Furfural	mg / 100 mL álcool anidro	...	5
Metanol	mg / 100 mL álcool anidro	...	20
Acroleína	mg / 100 mL álcool anidro	...	5
Sacarose (em açúcar refinado, cristal, invertido ou glicose) **	g / L	...	6,0
Partículas em suspensão (resíduo sólido de qualquer espécie)		Ausentes	Ausentes
Extrato seco	g / L	-	6,0
Graduação alcoólica de aguardente	% álcool etílico a 20°C	38	54
Graduação alcoólica de cachaça	% álcool etílico a 20°C	38	48

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Notas: Sinal convencional utilizado:

... Dado numérico não disponível

* Álcoois superiores = (n-Propanol + i-Butanol + i-Amílico)

** Adicionados após a destilação. Se a concentração de açúcares for maior que 6 g/L e obrigatoriamente inferior a 30 g/L, o produto deve ser designado como adoçado

Além disso, foram definidas quantidades máximas permitidas de alguns contaminantes anteriormente não mencionados como carbamato de etila ($150 \mu\text{g L}^{-1}$), acroleína ($5 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro), álcool sec-butílico ($10 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro), álcool n-butílico ($3 \text{ mg } 100 \text{ mL}^{-1}$ de álcool anidro), chumbo ($200 \mu\text{g L}^{-1}$) e

arsênio ($100 \mu\text{g L}^{-1}$). Para carbamato de etila a Instrução Normativa nº 13 estabelece julho de 2010 como o prazo máximo para adequação e controle desse contaminante (BRASIL, 2005).

2.3.1 Cobre

O cobre é um dos metais indesejáveis na cachaça, e seu limite permitido permanece 5 mg L^{-1} (BRASIL, 2005). Sua presença na bebida provém do material tradicionalmente utilizado na construção dos alambiques. A legislação de alguns países do hemisfério norte estabelece um limite inferior a 2 mg L^{-1} de cobre (Cu^{2+}) nos destilados alcoólicos (BRASIL, 1974), dificultando a exportação da cachaça para esses países.

O excesso de cobre solúvel no organismo (hipercupremia) pode ser tóxico devido à afinidade do cobre com grupos SH de muitas proteínas e enzimas, causando doenças como epilepsia, melanoma, artrite reumatóide, bem como a perda do paladar (SARGENTELLI et al., 1996).

2.3.2 Acidez volátil

A acidez volátil elevada é geralmente atribuída a más condições higiênicas, que propiciam a contaminação por bactérias acéticas e lácticas. No entanto, a prática tem revelado que os principais fatores determinantes de uma acidez volátil elevada são o tempo e as condições de estocagem da cana no período compreendido entre a colheita e a moagem (MAIA E CAMPELO, 2005).

2.3.3 Ésteres

Os ésteres são desejáveis porque são voláteis que favorecem o aroma da aguardente. São produtos da reação de álcoois com ácidos: assim o acetato de etila, por exemplo, é formado a partir da reação do ácido acético com o etanol. A maior produção de ésteres se dá durante a fermentação. No envelhecimento, estes

compostos são produzidos a uma velocidade muito menor, o que requer vários meses e até anos, para equiparar-se com o teor produzido na fermentação (MAIA, 1994).

2.3.4 Aldeídos

De modo geral, ocorre aumento na formação de aldeídos quando se faz aeração do mosto durante a fermentação. Por isso, recomenda-se não aerar e sequer remexer o mosto após as primeiras horas do início da fermentação.

Durante a destilação, os aldeídos se concentram no destilado de “cabeça”. Contudo, o aumento do volume do destilado de “cabeça” pode acarretar perda de componentes desejáveis, como os ésteres (MAIA E CAMPELO, 2005).

O baixo conteúdo de acetaldeído nas bebidas é frequentemente associado a uma melhora na qualidade. Isso porque, a presença de aldeídos nas bebidas alcoólicas é comumente associada aos sintomas da conhecida “ressaca”: náusea, vômitos, inquietação, sudorese, confusão, queda da pressão sangüínea, aceleração dos batimentos cardíacos e dores de “cabeça” (NASCIMENTO et al., 1997).

2.3.5 Álcoois superiores

O grupo dos álcoois superiores é quantitativamente o maior grupo que compõe o sabor em bebidas alcoólicas (NYKÄNEN, 1986). Este grupo é composto de álcoois alifáticos e aromáticos, formados pela ação das leveduras sobre aminoácidos.

2.3.6 Furfural

Também denominado furfurol e furfuraldeído é um aldeído (furano-2-carbaldeído) que se forma pela desidratação das pentoses do bagaço e hexoses do caldo de cana.

Seu teor nos destilados deve ser mínimo, pois confere à cachaça aroma penetrante e enjoativo. Aparece em quantidades significativas no corante de caramelo (açúcar queimado), cujo emprego é admitido na legislação como artifício para ajuste da cor da cachaça, embora evitado pelos produtores de bebida de qualidade. Os teores

desse aldeído na cachaça artesanal são geralmente muito baixos o que se atribui aos cuidados de não queimar a cana-de-açúcar para colheita e não encaminhar bagacilho ao alambique (MAIA E CAMPELO, 2005).

2.3.7 Metanol

O metanol é um álcool particularmente indesejável na aguardente. Sua ingestão, mesmo em doses muito pequenas, mas por longos períodos, pode causar intoxicação severa, levar à cegueira e até a morte (LAMIABLE et al., 2004). A origem deste álcool está associada à degradação da pectina por reação de hidrólise durante a fermentação. A pectina é um polissacarídeo sempre presente na cana, embora em quantidade pequena (MAIA, 1994; ZOCCA et al., 2007).

2.3.8 Carbamato de etila

O carbamato de etila ou uretana é um composto considerado potencialmente carcinogênico. O Canadá, primeiro país com legislação específica sobre o assunto, foi um referencial para os Estados Unidos e a Comunidade Européia, que seguiram o teor máximo deste contaminante estabelecido por aquele país para bebidas destiladas ($150 \mu\text{g L}^{-1}$). A obrigatoriedade da detecção e controle do carbamato de etila na cachaça torna-se de grande importância, pois além dos aspectos ligados à saúde pública, sua presença em concentrações superiores a $150 \mu\text{g L}^{-1}$ constitui também uma barreira para exportações para Europa e América do Norte (ANDRADE-SOBRINHO et al., 2002).

2.3.9 Etanol

O etanol é o maior constituinte orgânico volátil das bebidas, responsável pelo corpo da bebida. Tem um leve sabor doce e abranda o ácido (AMERINE et al., 1972).

2.4 Importância econômica e social

A produção de aguardente de cana e de cachaça no Brasil atinge 1,5 bilhão de litros anuais, representando 87% da produção nacional de bebidas alcoólicas destiladas. No entanto, principalmente devido à sua má qualidade química, as exportações dessas bebidas são baixas (FRANCO, 2002).

Deste volume total produzido 10% têm origem artesanal, distribuídos entre 25 mil produtores (AMPAQ, 2007). Em Minas Gerais se concentra a maior parte desta produção, enquanto o estado de São Paulo o maior produtor de aguardente de todos os tipos, concentrando 45% de toda a produção nacional. No Brasil existem cerca de 5.000 marcas de aguardente ou cachaça, elaboradas por cerca de 30.000 produtores, dos quais mais de 50% são informais (OLIVEIRA, 2001).

O plantio de cana-de-açúcar para a produção de aguardente e de cachaça abrange cerca de 125.000 ha, os quais fornecem anualmente 10 milhões de toneladas de cana.

A aguardente de cana e a cachaça são as bebidas destiladas mais consumidas no Brasil, sendo estimado o consumo médio nacional de 9,4 L/hab/ano. No mundo ocupam o terceiro lugar, atrás da vodca e dos uísques. Porém, apesar da tradição e importância da aguardente de cana brasileira, a sua indústria não tem caminhado no sentido de desenvolver tecnologias para aprimorar e controlar a qualidade e a padronização dessa bebida.

A decisão em investir para produzir aguardente se direciona a dois mercados específicos, o da produção industrial voltada para o consumo de massa e o da produção para um mercado diferenciado. No primeiro, o ganho se dá pelo volume de produção, pois a margem do produto é reduzida e no segundo, se valoriza o produto mais artesanal e de melhor qualidade com maior preço unitário.

O primeiro mercado demanda uma estrutura de produção industrial, com maior volume de capital investido, de modo a conseguir economia de escala e volume de produção, enquanto o segundo demanda menor investimento em estrutura produtiva e maior investimento em qualidade, embalagem e diferenciação (ESPERANCINI, 2005).

O processo produtivo industrial é realizado em grandes empresas e as cachaças obtidas apresentam padrão relativamente uniforme de qualidade. No processo artesanal, as cachaças são elaboradas em pequena escala de acordo com as tradições.

Geralmente, o produto é obtido por meio de fermentação alcoólica “natural” (uso de culturas de leveduras selvagens obtidas *in loco*) e destilação em alambiques de cobre (NÓBREGA E LIMA, 2004).

Azevedo et al. (2003) destacam que atualmente, o mercado mundial e também o consumidor brasileiro de melhor poder aquisitivo tem valorizado os produtos denominados “naturais”. O produto artesanal, dado seu maior apelo comercial tem permitido ao micro, pequeno e médio produtor a oportunidade de atingir um público consumidor mais refinado e exigente, que se distingue da parcela de consumidores tradicionais das cachaças industrializadas. Esses novos consumidores têm como principal característica apreciar a degustação da aguardente pura, sem misturas, valorizando a importância de seu aroma e sabor, tornando imprescindível uma bebida com boa qualidade sensorial.

O aumento do consumo de aguardente e a possibilidade de exportação exigem, portanto, que o processo de fabricação dessa bebida seja baseado em práticas corretas visando à obtenção de um produto padronizado e com boa qualidade físico-química e sensorial (AZEVEDO et al., 2003).

O maior desafio para o tecnólogo de bebidas é a definição da composição química do produto final (BOZA E HORII, 2000). Sem recursos tecnológicos, controle operacional e de qualidade, a aguardente desses pequenos produtores apresentam-se muitas vezes completamente fora dos padrões da legislação.

2.5 Processo de produção da aguardente

2.5.1 Matéria – prima

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das gramíneas mais cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre devido à enorme contribuição socioeconômica que sua exploração representa. Tal importância é consequência direta da propriedade que essa planta tem de sintetizar e armazenar uma quantidade significativa de sacarose em seus tecidos de reserva (NOGUEIRA E VENTURINI FILHO, 2005).

É cultivada em todo o mundo para produção de açúcar, álcool ou cachaça, sendo as principais espécies originárias da Oceania (Nova Guiné) e Ásia (Índia e China). O Brasil, que tem uma área plantada com cana-de-açúcar de aproximadamente 5 milhões de hectares, é o maior produtor mundial (cerca de 330 milhões de t/ano; representando 2,7% da produção mundial), sendo São Paulo o maior estado produtor com 200 milhões de t/ano, ou seja, aproximadamente 60% da produção brasileira; Minas Gerais é o quarto estado produtor do país, com 18 milhões t/ano (ANDRADE, 2006). A produtividade média do país gira em torno de 71,1 t/ha (FNP, 2004).

Fatores como planejamento agrícola, produtividade, controle de pragas e doenças, maturação, colheita, carregamento e transporte são também responsáveis pela melhoria da qualidade da matéria prima recebida pelas indústrias (YOKOYA, 1995).

Segundo Novaes (1995), não há variedades de cana que sejam específicas para a produção de aguardente, pois as pequenas diferenças observadas na sua composição físico-química muito provavelmente não têm influência na qualidade final da bebida. As variedades de cana devem ser adaptadas às condições climáticas da região onde se encontra a unidade industrial, e sua principal característica desejada é apresentar elevada produtividade de açúcar.

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

2.5.2 Caldo de cana-de-açúcar

A extração do caldo de cana é o fator mais importante do ponto de vista do rendimento de aguardente por tonelada de cana processada, e está diretamente relacionado com o número e tipo de unidades esmagadoras (LIMA, 1983; NOVAES, 1994; FARIA, 2000; NOGUEIRA E VENTURINI FILHO, 2005).

A eficiência de uma moenda é medida em função da sua capacidade e da percentagem de extração. Entende-se como capacidade da moenda a quantidade de

cana moída na unidade de tempo, enquanto a extração relaciona-se com a quantidade de açúcar extraído.

O caldo de cana-de-açúcar, por ser um substrato rico e ser extraído em condições não assépticas pode carregar para a dorna de fermentação uma diversa população microbiana. Na microflora do caldo são encontradas leveduras dos gêneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Hansenula*, *Saccharomyces* e *Torulopsis*, e as bactérias mais frequentes são *Leuconostoc dextranicum* e *L. mesenteroides* (LIMA, 2001). Esses microorganismos podem interferir no processo fermentativo da cana-de-açúcar (GALLO E CANHOS, 1991). Uma contaminação bacteriana pode trazer consequências desfavoráveis para o produtor, pois as bactérias podem elevar a acidez da bebida e também diminuir a concentração final de etanol, reduzindo a eficiência do processo (SCHWAN E CASTRO, 2001).

2.5.3 Mosto

Após a colheita da cana-de-açúcar, faz-se a extração do seu caldo através de moendas, que dará origem ao que se chama de mosto, que é o termo empregado em tecnologia de bebidas alcoólicas para definir qualquer líquido açucarado apto a fermentar (NOGUEIRA E VENTURINI FILHO, 2005).

Segundo Yokoya (1995), é todo líquido açucarado apto a fermentar; no seu preparo é feita a sua correção que compreende todas as operações tecnológicas para corrigir e transformar a matéria-prima em um líquido açucarado de fácil fermentação. O caldo é constituído de 65-75% de água, 11-18% de açúcares (sacarose, glicose e frutose), pequenas quantidades de substâncias nitrogenadas, ceras, lipídeos, pectinas, materiais corantes (clorofila, antocianinas e compostos polifenólicos) e sais minerais. O pH das canas sadias é ácido, favorecendo o desenvolvimento de microorganismos (SCHWAN E CASTRO, 2001).

O preparo do mosto de cana tem por objetivo garantir uma ótima quantidade de açúcares fermentescíveis, menor contaminação inicial possível, pH adequado, nutrientes e boas condições para o metabolismo da levedura (VALSECHI, 1960; NOVAES, 1970; AQUARONE, 1983).

Assim, no preparo do mosto alguns cuidados devem ser tomados em relação à concentração de sólidos solúveis, açúcares totais, acidez total e pH, de forma a garantir uma fermentação pura, regular e com rendimentos satisfatórios (NOGUEIRA E VENTURINI FILHO, 2005).

Outro fator que deve ser levado em consideração no preparo de um mosto padronizado é a temperatura do caldo, sendo um dos fatores responsável pelas condições que regulam a vida dos microorganismos (Valsechi, 1960).

Segundo Amorim e Oliveira (1982), ao promover um tratamento térmico de 100°C por cinco minutos e defecção simples em caldos de cana-de-açúcar, conseguiram redução de 99,9% da população microbiana sem influenciar, todavia, na eficiência fermentativa, demonstrando a não ocorrência de prejuízo à qualidade do mosto. É um recurso que pode ser viável para a padronização do mosto a ser fermentado.

2.5.4 Fermentação

O processo fermentativo consiste basicamente no desdobramento do açúcar (sacarose) em etanol. A fermentação é iniciada pela adição do pé-de-cuba ao caldo de cana presente na dorna de fermentação, e completado com o caldo de cana diluído para 16° Brix (CANTÃO, 2006).

Geralmente o processo fermentativo tem uma duração média de 24 horas, com reciclagem do inóculo, ou seja, após esse tempo, as leveduras irão se depositar no fundo da dorna de fermentação retira-se o vinho e adiciona-se um novo mosto, com temperatura em torno de 30°C (CANTÃO, 2006).

A fermentação do mosto de caldo de cana para a produção de aguardente é uma fermentação primordialmente alcoólica, que se inicia no momento em que o inóculo entra em contato com o mosto convenientemente preparado. Na produção de aguardente artesanal, é comum a fermentação ser conduzida com fermentos naturais, preparados com caldo de cana, adição de caldo de laranja azeda ou de limão, farelo de arroz, fubá ou ambos e um pouco de água. O controle do processo é feito apenas pela

verificação da fermentação, pelo término do desprendimento de bolhas de gás carbônico e pelo fim da agitação do mosto fermentado (LIMA, 2001).

Para que se tenha garantia de uma fermentação sadia, regular e de alto rendimento, é necessário introduzir o mosto a uma quantidade adequada de fermento de qualidade reconhecidamente boa. Esta quantidade inicial de levedura, segundo Schwan e Castro (2001), chama-se de “inóculo”, “pé-de-cuba”, “pé-de-fermentação” ou “lêvedo”.

Além do fermento denominado caipira, leveduras fermentativas que estão naturalmente presentes no ambiente, é comum usar fermento de panificação, seco ou prensado e leveduras puras selecionadas em laboratório (MUTTON E MUTTON, 2005).

Estas, para serem utilizadas na produção de aguardente exigem uma preparação cuidadosa de inóculo adequado. O uso de linhagens selecionadas pode proporcionar características próprias à fermentação, pois diferentes leveduras usadas na fermentação de caldo de cana apresentam características específicas quanto a parâmetros cinéticos e composição do vinho resultante da fermentação, incluindo diferenças quantitativas em relação a compostos secundários produzidos (RIBEIRO E HORII, 1999).

2.5.5 Componentes secundários

Além de álcool e água, a aguardente é composta de outras substâncias orgânicas voláteis ditas secundárias. A combinação dos compostos secundários propicia o aroma global da bebida. A variação qualitativa destes componentes na cachaça é que determina a aceitação do produto no mercado (YOKOYA, 1995).

Os produtos secundários são todas as substâncias formadas durante a fermentação alcoólica, excetuando os produtos principais (álcool etílico e gás carbônico). Eles são encontrados em pequenas quantidades e muitas vezes são difíceis de serem determinados ou quantificados (YOKOYA, 1995).

Segundo Maia (1994) os teores dos compostos secundários da fermentação são geralmente inferiores a 0,1%, freqüentemente inferiores a 0,001% (em m/v). A natureza e proporção desses compostos dependem das características da matéria-prima, da

fermentação, da destilação e do envelhecimento. Os principais compostos secundários formados durante a fermentação alcoólica pertencem às classes funcionais dos ácidos, ésteres, aldeídos e alcoóis; em proporções menores formam-se também cetonas, compostos fenólicos, aminas e mercaptanas.

Dentre os produtos secundários ácidos da fermentação alcoólica, o ácido acético tem sido quantitativamente o principal componente nas aguardentes. A alta acidez em cachaça pode ser atribuída à contaminação da cana-de-açúcar ou do próprio mosto por bactérias acéticas, fazendo com que parte do substrato sofra fermentação acética, elevando a acidez e diminuindo o rendimento da produção de etanol (CARDOSO, 2001).

A aeração do mosto durante esta etapa também pode aumentar a conversão do açúcar em ácido acético, ainda que não haja contaminação do mosto por essas bactérias (MAIA, 1994).

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

Os aldeídos com até oito átomos de carbono tem aromas penetrantes e enjoativos, considerados indesejáveis em bebidas destiladas. Os aldeídos de cadeias maiores, com mais de dez átomos de carbono, apresentam aroma agradável. Vários aldeídos podem ser formados a partir de aminoácidos presentes no caldo de cana. Também podem ter origem na ação das leveduras durante estágios preliminares do processo da fermentação, principalmente o acetaldeído, que tende a desaparecer no final pela oxidação a ácido acético (MAIA, 1994; CARDOSO, 2001). O principal aldeído associado à fermentação alcoólica é o acetaldeído (MAIA, 1994).

O furfural e o hidroximetilfurfural não são formados durante a fermentação. Esses aldeídos podem aparecer no próprio caldo da cana-de-açúcar, quando sua colheita é

precedida da queima da folhagem, acarretando desidratação parcial de uma pequena fração de açúcares (pentoses e hexoses) livres no caldo ou presentes no bagaço (MAIA, 1994).

Álcoois superiores, com três a cinco átomos de carbono, apresentam odores característicos (“buquê”), tradicionalmente associados com bebidas destiladas. Acima disso, os álcoois tornam-se oleosos e alguns lembram fortemente o aroma de flores. Os álcoois de 4 e 5 átomos de carbono (óleo fúsel) são formados pela degradação do açúcar dentro das leveduras, e em parte pela degradação de aminoácidos (MAIA, 1994) e em teor elevado desvaloriza a cachaça (YOKOYA, 1995).

Do ponto de vista quantitativo, a formação de álcoois superiores depende acentuadamente da cepa empregada, assim como da ocorrência de microrganismos contaminantes. A formação desses álcoois é maior quando a fermentação é mais demorada devido à fraca atividade do fermento (MAIA, 1994).

O álcool metílico é um álcool indesejável na cachaça, originando-se da degradação de pectina, um polissacarídeo da cana-de-açúcar, presente em quantidades muito pequenas (MAIA, 1994). A intoxicação por álcool metílico causa alguns sintomas como cefaléia, vertigem, vômitos e dores diversas. Dependendo do organismo a dose fatal varia de 10 a 100 mL e a ingestão de 15 mL é suficiente para causar cegueira (CARDOSO, 2001).

Concluída a fermentação do mosto, obtém-se o vinho, que apresenta então diversos constituintes de natureza gasosa, líquida e sólida, em virtude das transformações que se desenvolveram durante a fermentação.

Segundo Lima (2001) os gasosos são o ar e o gás carbônico dissolvidos em pequena porção. Os líquidos são a água, em proporção de 90% ou superior e o álcool etílico em teor de 6 a 10%.

2.5.6 Destilação

A etapa seguinte na produção de aguardente é a destilação do vinho que consiste em separar e selecionar os produtos de acordo com as temperaturas de ebulição ou de mudança de fase do componente (SALES, 2001).

Fundamentando-se no conhecimento da volatilidade das substâncias, podem-se separar as substâncias voláteis (água, álcool etílico, aldeídos, álcoois superiores, ácido acético, entre outros) das não voláteis ou fixas (células de leveduras, bactérias, sólidos em suspensão, sais minerais, açúcares não fermentescíveis, proteínas, entre outros resíduos), obtendo-se duas frações, conhecidas como flegma ou aguardente, e a outra vinhaça (YOKOYA, 1995). O flegma, produto principal da destilação do vinho é constituída por uma mistura hidralcoólica impura, cuja graduação depende do tipo de aparelho utilizado na destilação do vinho. A vinhaça é o resíduo da destilação do vinho, constituída de água, sais, células de levedura e bactérias, além de resíduos diversos.

Os componentes voláteis do vinho possuem diferentes graus de volatilidade, o que possibilita a separação dos mesmos através da destilação. O destilado pode ser então dividido em três frações:

Destilado de “cabeça”, que corresponde à fração formada pelos compostos mais voláteis (metanol, acetaldeído e acetato de etila), que corresponde às primeiras frações recolhidas na saída do alambique, com teor alcoólico superior a 60°GL. Esta fração normalmente é descartada, por conter vários componentes de aroma que possuem um impacto sensorial negativo, tais como acetaldeído e compostos sulfurados (CASSINI, 2004).

Destilado de “coração”, que é a porção destilada intermediária. Por apresentar a menor quantidade de substâncias indesejáveis, constitui-se na melhor fração do destilado, correspondendo à verdadeira aguardente. Os álcoois superiores, compostos presentes em maior quantidade nas bebidas destiladas e importantes para o *flavor*, tendem a destilar a partir da metade da destilação, mas permanecem em parte nesta fração do “coração”. A vodka, que é um destilado recolhido com alta graduação alcoólica possui teores de álcoois superiores menores que outras bebidas recolhidas com grau alcoólico mais baixo (GUYMON, 1972).

E por fim, o destilado de “cauda”, que também é conhecido como “água fraca”, que corresponde a última porção destilada, formada por compostos com pontos de ebulição maiores que 100°C (quando puros). É obtida quando a destilação não é interrompida após a obtenção da aguardente. Ácidos como o capróico, caprilico e

cáprico possuem aromas parecidos com o de sabão e estão concentrados nesta fração, que geralmente é descartada (CASSINI, 2004).

A otimização das condições de operação de destilação é fundamental na obtenção de uma bebida de boa qualidade, pois, a destilação além de separar, selecionar e concentrar os componentes do vinho de cana, ainda promove algumas reações químicas induzidas pelo calor e catalisadas pelo cobre presente nos alambiques. Assim os componentes voláteis presentes inicialmente no vinho de cana podem aumentar, diminuir ou ainda originar novos componentes. Algumas reações são bem conhecidas, como a hidrólise, a esterificação, a acetilação de vários produtos, a produção de furfural e as reações com o cobre (GUYMONT, 1974; LÉAUTÉ, 1990). Estas ocorrem porque os aparelhos de destilação usados na obtenção de bebidas destiladas são, na maioria, construídos com cobre, metal bem maleável, bom condutor de calor, resistente ao desgaste físico, e que apresenta grande influência na formação de sabor e aroma do produto.

2.6 Composição qualitativa da aguardente

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

Medidas de prevenção, monitoramento contínuo e ações corretivas durante a produção são obrigatórias na indústria de alimentos, garantindo o fornecimento de produtos mais seguros ao consumidor e atendendo às exigências do mercado

globalizado. No entanto, essas práticas não são uma realidade na maioria das unidades produtoras de cachaça.

Apesar dos produtores considerarem a taxaço, a falta de marketing e de rede de distribuiço adequada nos mercados americano e europeu como entraves à exportaço (FRANCO, 2002), na verdade um dos pontos mais delicados no processo de aceitaço da cachaça no mercado exterior é a baixa qualidade e padronizaço da bebida produzida, muitas vezes inadequada aos padrões internacionais de qualidade exigidos para bebidas destiladas.

E mesmo com alto volume de cachaça produzido pelo Brasil, a negligência na observaço de padrões de identidade exigidos pelo MAPA e a falta de controle da qualidade da bebida têm sido as principais barreiras a um maior avanço da cachaça no mercado externo. Pelas mesmas razões, observa-se no mercado interno grande variaço na qualidade das cachaças.

Assim para chegarmos a uma aguardente que atenda esses padrões de qualidade é de fundamental importância levar em consideraço todas as fases de seu processo de fabricaço desde a matéria-prima até o produto final. Segundo Stupiello (1992), a qualidade da matéria-prima assume importância relevante, estando envolvida diretamente com o desempenho das operaço de extraço, fermentaço e destilaço, razão fundamental da obtenço de altos rendimentos e da qualidade do produto final. Ele ainda considera que os principais fatores de qualidade são variedade de cana-de-açuca, pragas e doenças, maturação, queima, colheita, carregamento e transporte.

É importante ressaltar que, mesmo atendendo aos padrões numéricos de composiço exigidos pela Legislaço, uma bebida pode não atender aos padrões de qualidade organoléptica exigidos pelos consumidores.

2.7 Técnicas de destilaço

2.7.1 Destilaço simples

Yokoya (1995) descreve dois processos de destilação de vinho: simples e sistemática (ou metódica). A primeira é feita em aparelhos que operam em operação descontínua e a segunda, nos que operam de forma contínua (colunas de destilação). A destilação simples é utilizada pelos pequenos produtores, enquanto que a destilação contínua é encontrada em destilarias de médio e grande porte.

O desempenho destes processos depende principalmente do desenho e da construção dos destiladores, da eficácia da eliminação de produtos de cabeça e cauda, e das demais condições operacionais como: vazões de vinho de cana e de vapor, grau alcoólico e pressão de trabalho.

Os alambiques podem ter corpo simples ou três corpos. O alambique simples não permite um bom esgotamento do vinho e em condições normais de operação pode fornecer aguardente rica em componentes secundários.

A destilação descontínua é principalmente empregada nas destilarias de pequeno porte, onde geralmente é realizada em alambiques simples, de dois e até três corpos, carregados com o vinho de cana e aquecidos a fogo nu ou a vapor.

O cobre parece ser o melhor material de construção do alambique. É um material maleável, bom condutor de calor, resistente à corrosão (LÉAUTÉ, 1990) e ainda promove as reações de remoção dos compostos sulfurados. A ausência de cobre no destilador e mesmo em colunas de destilação pode produzir um defeito sensorial com aroma sulfurado no produto final (FARIA, 1982).

No processo industrial é empregada a destilação contínua, conduzida em colunas de destilação, que são alimentadas continuamente com vinho pela parte superior e vapor pela base, de modo a se obter, também continuamente, o destilado na parte superior da coluna e o resíduo na sua base (FARIA, 2000).

2.7.2 Dupla destilação

É um processo que consiste em realizar duas destilações sucessivas, que podem ser efetuadas em um mesmo alambique ou em alambiques distintos. A dupla destilação permite a obtenção de uma aguardente com qualidade supostamente superior às provenientes de uma única destilação, com baixa acidez e características sensoriais

mais agradáveis. Esta melhoria da qualidade da aguardente duplamente destilada é procurada pela separação de frações dos componentes indesejáveis, como é o caso dos aldeídos, metanol, ácido acético, carbamato de etila, e de outros compostos voláteis prejudiciais à qualidade sensorial da bebida e à saúde do consumidor. Atualmente cerca de algumas dezenas de marcas comerciais de aguardentes duplamente destiladas já se encontram no mercado. Porém, de maneira geral, esta prática ainda não é adotada nas destilarias brasileiras, sendo a aguardente de cana geralmente obtida numa única destilação, sem separação de frações de “cabeça” e “cauda” com vistas a purificar o destilado obtido (NOGUEIRA E VENTURINI FILHO, 2005).

A dupla destilação que é uma prática normalmente adotada na produção de outras bebidas destiladas, como o *whisky*, o *cognac* e o rum, foi proposta pela primeira vez por Novaes (1994) visando a obtenção de um destilado mais leve para ser posteriormente envelhecido.

Recentemente, vem sendo implementada a técnica de bidestilação, visando a reestruturação do perfil dos compostos orgânicos secundários das aguardentes de cana produzidas em alambiques, com o objetivo de obter uma bebida sensorialmente diferenciada, pela seletividade de frações voláteis desejadas, redução de acidez volátil, do teor de cobre e de ésteres e visando ainda possibilitar o controle, redução ou eliminação de compostos não permitidos pela legislação, como metanol, furfural e carbamato de etila (FORLIN, 2005).

2.7.3 Destilação para produção de *cognac*

Segundo Lèauté (1990) para a produção de *cognac*, na primeira destilação, o produto é fracionado em três frações: “cabeça” (0,4% do volume útil da caldeira), “coração” ou *brouillis* (destilado recolhido após a fração “cabeça” e até o destilado apresentar 5% de álcool) e “cauda” (destilado recolhido de 5 a 0% de álcool). O *brouillis* ou “coração” passa por uma segunda destilação e do produto desta segunda destilação, são obtidas quatro frações: “cabeça” (1,0% do volume útil da caldeira), “coração 1”, ou seja, o *cognac* (destilado recolhido após a fração “cabeça” e até o destilado apresentar

60% de álcool), “coração 2” que corresponde aos produtos secundários (destilado recolhido entre 60 e 5% de álcool) e a “cauda” (destilado recolhido entre 5 e 0% de álcool). As frações “cabeça” e “cauda” das duas destilações são recirculadas nas primeiras destilações da próxima rodada e a fração “coração 2” é redestilada juntamente com o *brouillis* da rodada seguinte.

2.7.4 Destilação para produção de *whisky*

Para destilação de *whisky*, a primeira destilação recupera o etanol do vinho, sem realizado os “cortes” de frações, originando o *low wine*. Na segunda destilação, o *low wine* é destilado e procede-se a separação das frações “cabeça” (2% do volume útil da caldeira, recuperados de 78 a 75° GL), “coração” ou *whisky* (destilado separado de 75 a 60° GL) e “cauda” (destilado separado de 60 a 0° GL). As frações “cabeça” e “cauda” são recirculadas nas primeiras destilações da próxima rodada (PIGGOTT, 2003).

2.8 Envelhecimento

A qualidade de uma bebida é julgada pelo consumidor através da cor, odor e sabor, ou seja, pelas suas propriedades sensoriais. O envelhecimento da cachaça em tonéis de madeira promove diminuição significativa do sabor alcoólico e da agressividade da bebida, com simultâneo aumento da doçura e do sabor de madeira, proporcionando uma efetiva melhora sensorial do produto (CARDELLO E FARIA, 2000a).

Durante o envelhecimento, a aguardente passa por inúmeras transformações físicas, químicas e sensoriais, incluindo as interações químicas dos componentes secundários entre si, do etanol e o oxigênio da atmosfera. Também a incorporação de componentes solúveis extraídos da madeira do tonel como flavonóides e taninos e a decomposição parcial de macromoléculas da madeira (lignina, celulose, hemicelulose) em monômeros solúveis principalmente os aldeídos e os ácidos fenólicos que são incorporados à cachaça. Outros são a oxidação de aldeídos fenólicos que se convertem

em ácidos fenólicos, a interação entre os ácidos fenólicos e o etanol e outros álcoois da cachaça, gerando ésteres fenólicos, componentes oleosos com aromas peculiares e agradáveis. A coloração se altera progressivamente de amarelo-claro a amarelo mais intenso, com tonalidade dourada a avermelhada dependendo do tipo da madeira. Durante o envelhecimento há complexação entre componentes secundários que interagem preferencialmente com o etanol, caracterizando uma emulsão hidralcoólica e o aumento progressivo da viscosidade e da oleosidade. Como resultado de todas essas transformações são as peculiaridades de aparência, cor, aroma, sabor e palatabilidade típicos de cada bebida (MAIA E CAMPELO, 2005).

O processo de envelhecimento de bebidas destiladas, geralmente realizadas em tonéis de madeira, é etapa obrigatória nos Estados Unidos e Inglaterra (BOZA E OETTERER, 1999). No Brasil, para cachaça esta etapa é optativa, não sendo realizada sistematicamente devido ao tempo requerido pelo processo e aos custos introduzidos pelo armazenamento da bebida em grandes tonéis por alguns anos. Este procedimento melhora a qualidade sensorial da bebida, tornando-a mais suave, com sabor e aroma mais agradável e com coloração amarelada mais atraente.

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

Como o carvalho não é uma árvore nativa do Brasil, os tonéis fabricados com essa madeira são provenientes principalmente dos Estados Unidos e França. Desta forma muitos tonéis de carvalho que chegam aqui já foram utilizados nesses dois países (BOSCOLO et al., 1995).

2.9 Análise sensorial

As análises sensoriais são indispensáveis na maior parte dos experimentos com alimentos e bebidas porque respondem a importantes questões sobre sabor, odor, aparência, textura, aceitação e outros fatores de qualidade que não podem ser obtidos por outros métodos (CETEC, 1989).

Os testes afetivos têm como objetivo conhecer a opinião de um determinado grupo de consumidores em relação a um ou mais produtos. Um teste afetivo muito utilizado é o teste de aceitação, que avalia o quanto os consumidores gostam ou desgostam de um ou mais produtos (MEILGAARD et al., 1988).

No caso da aguardente de cana numerosos trabalhos já utilizaram a análise sensorial para avaliar e comparar sua aceitação, bem como para estudar o efeito da modificação durante o processo de obtenção da bebida, assim como o efeito do envelhecimento em tonéis de carvalho e outras madeiras. (CARDELLO E FARIA, 2000b).

Qualidade é o conjunto de características que diferenciam as unidades individuais de um produto e que tem importância na determinação do grau de aceitabilidade daquela unidade pelo comprador/consumidor. Entretanto, sob o aspecto operacional e em sentido amplo, a qualidade consiste em um grupo de especificações dentro de determinados limites ou tolerâncias que devem ser atingidos (CHAVES E PÓVOA, 1992).

De acordo com Laing e Jinks (1996), o sabor é definido como o conjunto de sensações provocadas por estímulos de um produto na cavidade bucal. Compreendem os odores, causados pelas substâncias voláteis (via retro nasal), os gostos, provocados pelas substâncias solúveis na boca e os fatores de sensibilidade química, estimulantes das terminações nervosas das cavidades oral e nasal (pungência, frescor, irritação).

O maior desafio para o tecnologista de bebidas é a definição da composição química do produto final, pois o conhecimento das substâncias responsáveis pelo “*flavor*” e por outras características das bebidas está longe de ser elucidado. Tais substâncias encontram-se em quantidades mínimas, dificultando seu isolamento, caracterização e quantificação e sem o conhecimento delas torna-se muito difícil modificar as características, e/ou controlar a qualidade do produto (BOZA E HORII, 1998).

3 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi produzir aguardentes de cana-de-açúcar padronizadas e de qualidade, mediante a técnica da dupla destilação em alambique retificador, segundo os métodos utilizados para a produção de *cognac* e *scotch malt whisky*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

A cana-de-açúcar utilizada no projeto foi da variedade SP-83-2847 no quarto ciclo de produção (quarto corte), cultivada nas dependências do Setor de Álcool e Açúcar do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP (ESALQ / USP).

4.2 Métodos

4.2.1 Extração do caldo de cana-de-açúcar

O caldo de cana-de-açúcar foi extraído em um terno de moenda com dimensões de 9” x 9” e filtrado em algodão para remoção de resíduos da moagem (bagacilho).

4.2.2 Tratamento de purificação do caldo de cana-de-açúcar

O caldo foi submetido ao tratamento de purificação, que consistiu no aquecimento até temperatura de ebulição, resfriamento e nova filtração em algodão para remoção de borra formada pelo processamento térmico do caldo.

4.2.3 Padronização do caldo de cana-de-açúcar

Após o tratamento térmico, o caldo de cana-de-açúcar foi diluído a 18° Brix com água destilada, concentração aquela determinada em refratômetro PR – 101 / Atago, e submetido às análises de Pol em Sucromat VIS – NIR® / Anton Paar, açúcares

reduzidos totais (ART) pelo método de Lane-Eynon em Redutec MA – 086 / Marconi, de pH em pHmetro MPA – 210 / Científica (CALDAS, 1998).

4.2.4 Fermentação do caldo de cana-de-açúcar

O caldo clarificado foi fermentado com a adição de 3,0g/L da levedura Y-904 (AB Brasil – Pederneiras / SP), fermento vivo desidratado. Foi realizada uma hidratação prévia do fermento com o próprio mosto. A fermentação foi conduzida sob agitação em fermentadores de 13L, com temperatura controlada a 30°C por banho termostatzado (Figura 1).

Figura 1 - Caldo e adição do fermento em dorna fermentadora de 13L

4.2.5 Destilação do vinho

O mosto fermentado (vinho), deslevedurado por decantação, foi analisado quanto ao pH em pHmetro MPA – 210 / Científica e graduação alcoólica pela medição da densidade de um destilado de amostra do vinho em Density Meter DMA 4500 / Anton Paar. A seguir foi encaminhado à destilação em destilador retificador de laboratório de 40L de carga útil. O destilador utilizado possui caldeira em cobre, tronco retificador com cinco bandejas concentradoras e condensador em aço inoxidável (Figura 2 e 3).

Figura 2 - Esquema detalhado do destilador retificador

Figura 3 – Destilador retificador utilizado no experimento

4.2.6 Métodos utilizados para dupla destilação

A destilação foi conduzida de forma a simular o processo de destilação em alambique, utilizado para a produção de *cognac* (conhaque) de *scotch malt whisky* (uísque escocês puro malte).

Nos ensaios similares à produção de *cognac* (Lèauté, 1990), foram realizadas duas destilações, a primeira para separar todo o álcool do vinho e também uma primeira fração de cabeça (0,4% do volume de vinho da caldeira). A cada três operações de destilação iguais a esta eram obtidos de 30 a 35L de destilado com média 36% de álcool em volume, que foram submetidos a uma segunda destilação, na qual foi feita a separação de frações, como segue: “cabeça” (1% do volume de destilado), “coração 1” ou aguardente (volume de destilado até 60% de álcool à saída do condensador), “coração 2” (volume de destilado de 60 até 5% de álcool à saída do condensador) e “cauda” (de 5 a 0% de álcool no destilado à saída do condensador).

Nos ensaios similares à produção de *scotch malt whisky* foi seguida a metodologia descrita por Piggott (2003) que corresponde a duas destilações, sendo a primeira para separar todo álcool do vinho sem realizar nenhum corte das frações e a segunda para realizar os pontos de cortes das frações de “cabeça” (2% do volume total a ser destilado), “coração” (até 70% de álcool no destilado à saída do condensador) e “cauda” (de 70 a 5% de álcool no destilado à saída do condensador).

Durante os procedimentos foram realizadas medidas de vazão, recolhendo-se o destilado em proveta graduada. A cada volume coletado (500mL), a concentração alcoólica era medida por alcoômetro Dujardin-Salleron. Também foram coletadas as medidas de temperatura no tronco de destilação e na caldeira.

Todas as destilações foram realizadas em duplicata e os resíduos aquosos (vinhaça) das destilações foram adequadamente descartados.

4.2.7 Método utilizado para aguardente testemunha

Para fins de comparação foi também produzida uma aguardente testemunha monodestilada. Nessa técnica de destilação, o vinho foi aquecido no interior do alambique e os vapores hidralcoólicos gerados foram condensados e coletados até que

o destilado global recolhido tivesse apresentado um teor alcoólico médio de 43°GL, sem separação de frações.

4.2.8 Envelhecimento das aguardentes

As aguardentes foram maturadas por 6 meses em tonéis de carvalho de 10L de capacidade, armazenados em posição horizontal durante todo o período de envelhecimento (Figura 4). Após aquele período as aguardentes foram retiradas dos tonéis, filtradas em algodão para retirada de qualquer impureza proveniente dos recipientes e diluídas a 43% em volume, a 20°C com água destilada.

Figura 4 – Maturação das aguardentes em tonéis de carvalho de 10L

4.2.9 Análises físico-químicas

As aguardentes foram submetidas às análises físico-químicas estabelecidas pela legislação vigente no Brasil (acidez volátil, furfural, cobre, graduação alcoólica,

aldeídos, ésteres, metanol e álcoois superiores). Foram também analisadas quanto aos compostos fenólicos totais, coloração e carbamato de etila.

Todas as análises foram feitas em duplicata.

4.2.9.1 Acidez volátil

A análise de acidez volátil foi determinada em Redutec MA – 086/087 / Marconi, por titulometria de neutralização, utilizando solução de hidróxido de sódio 0,05N após separação dos compostos voláteis da amostra mediante destilação por arraste de vapor, segundo metodologia oficial descrita em BRASIL (2005).

4.2.9.2 Furfural

A concentração de furfural foi determinada por espectrofotômetro 700 S / Femto, mediante correlação com curvas padrão de concentração do composto, segundo método oficial descrito em BRASIL (2005).

4.2.9.3 Graduação alcoólica

A determinação da graduação alcoólica foi realizada em densímetro digital DMA 4500 / Anton Paar, após destilação por arraste de vapor, conforme metodologia oficial descrita em BRASIL (2005).

4.2.9.4 Aldeídos, ésteres, metanol e álcoois superiores

As análises de aldeídos (aldeído acético), ésteres (acetato de etila), metanol e álcoois superiores (isobutílico + isoamílicos + n-propílico) foram efetuadas utilizando um cromatógrafo CG-037, equipado com uma coluna empacotada PAAC 3334-CG e um detector de ionização de chama (FID). Como gás de arraste utilizou-se H₂, com vazão de 30 mL/min. A temperatura do injetor foi programada para 170°C, a programação da

temperatura da coluna isotérmica a 94°C, e a temperatura do detector programada para 225°C.

4.2.9.5 Cobre

A concentração de cobre foi determinada por análise quantitativa por meio do Test Kit Copper – Poket Colorimeter™ / HACH (Figura 5).

Figura 5 – Kit para análise de cobre da HACH

4.2.9.6 Carbamato de etila

O teor de carbamato de etila foi analisado por cromatógrafo em fase gasosa Shimadzu GC17A acoplada a um espectrômetro de massas Shimadzu modelo QP5050A operando em modo SIM ($m/z = 62$). Foi utilizada uma coluna HP-FFAP (40m x 0,20mm x 0,33m), com gradiente de temperatura de 90°C (2 minutos), taxa de aquecimento de 10°C/min até 150°C e outra taxa de aquecimento de 40°C/min até 220°C (2 minutos). As temperaturas do injetor e do detector foram, respectivamente, de

230°C e 240°C. Na análise qualitativa foram levados em consideração o tempo de retenção, o monitoramento dos íons m/z 62 (por ser o mais empregado em análises deste composto) e adições sucessivas do padrão. Na análise quantitativa foi considerado o método de adição do padrão (CLEGG E FRANK, 1988).

4.2.9.7 Composto fenólicos totais

A análise dos compostos fenólicos totais seguiu o método de Folin-Ciocalteu, sendo determinado em espectrofotômetro 700 S / Femto com utilização de solução de ácido gálico ($C_7H_6O_8$) como padrão (PUECH, 1988).

4.2.9.8 Cor

A cor foi analisada através de um espectrofotômetro 700 S / Femto com leitura em %T à 420nm (PUECH, 1988).

4.2.10 Análise sensorial

Ao final do período de seis meses de envelhecimento, as aguardentes destiladas segundo os processos de obtenção do *cognac* e do *whisky*, e a testemunha, foram analisadas sensorialmente por teste afetivo de aceitação das amostras em relação aos atributos aroma, sabor e aparência, mediante escala hedônica de nove pontos (STONE E SIDEL, 1993).

As amostras foram apresentadas em temperatura ambiente, de forma monádica e sequencial em cálices transparentes, codificados com algarismos de três dígitos e cobertos com vidro de relógio, que eram retirados no momento do teste.

A equipe foi composta de 30 provadores voluntários não treinados entre alunos, professores e funcionários maiores de 18 anos do laboratório de Açúcar e Alcool e a ficha utilizada para o teste de aceitação seguiu o modelo da Figura 6. Na ficha utilizada, também foi avaliada a atitude de compra das amostras apresentadas, ou seja, com qual aguardente cada provador se identificava mais.

NOME: _____ DATA: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra de aguardente.

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

A) Avalie a APARÊNCIA de cada uma das amostras.
Descreva o que você mais gostou e menos gostou na APARÊNCIA.

AMOSTRA	NOTA
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

A) Aspire às amostras, uma a uma, e avalie em relação ao AROMA.
Descreva o que você mais gostou e menos gostou no AROMA.

AMOSTRA	NOTA
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

B) Prove as amostras, uma a uma, e avalie em relação ao SABOR.
Descreva o que você mais gostou e menos gostou no SÁBOR.

AMOSTRA	NOTA
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

→ Qual das aguardentes apresentadas você compraria?

Obrigada pela participação!

Figura 6 – Modelo utilizado do questionário de avaliação para análise sensorial

Os testes foram realizados no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP.

4.2.11 Análise estatística

A análise estatística dos resultados da análise sensorial se deu através da aplicação do Teste F ao nível de 5% de significância e do Teste de Tukey, através do

programa estatístico SAS (1996), dentro de um delineamento experimental inteiramente casualizado (PIMENTEL-GOMES E GARCIA, 2002), com 2 repetições.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caldo e vinho de cana-de-açúcar

O resultado das análises do caldo de cana-de-açúcar encontra-se na Tabela 2. Alguns cuidados foram tomados em relação à concentração de sólidos solúveis, açúcares totais e pH, de forma a garantir uma fermentação pura, regular e com rendimentos satisfatórios (NOGUEIRA e VENTURINI FILHO, 2005).

Tabela 2 – Análises dos caldos de cana-de-açúcar nos métodos utilizados

Análises	Método <i>cognac</i> *	Método <i>whisky</i> **	Mono
Brix (antes diluição)	20°	18°	18°
Pol	15,42%	15,25%	12,64%
pH	5,54	5,26	5,26
Açúcares Redutores Totais	17,24%	17,95%	16,09%

Nota: * Média das análises das três primeiras destilações realizadas para produção de *cognac*.

** Média das análises das três primeiras destilações realizadas para produção de *whisky*.

O pH dos caldos (5,26 a 5,54) contribuiu para o desenvolvimento de microrganismos benéficos para a fermentação alcoólica (SCHWAN e CASTRO, 2001), assim como a Pol, os açúcares redutores totais e os graus Brix que garantiram uma fermentação adequada para haver o desdobramento do açúcar (sacarose) em álcool.

O resultado das análises do vinho está descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Análises dos vinhos de cana-de-açúcar nos métodos utilizados

Análises	Método <i>cognac</i> *	Método <i>whisky</i> **	Mono
pH	4,25	4,04	5,03
Graduação Alcoólica (%v/100mL)	10,35	9,3	8,33

Nota: * Média das análises das três primeiras destilações realizadas para produção de *cognac*.

** Média das análises das três primeiras destilações realizadas para produção de *whisky*.

5.2 Curvas de volatilização dos componentes

5.2.1 Primeira destilação

As curvas de volatilização dos componentes químicos dos destilados ao longo da primeira destilação, ou seja, da destilação do caldo de cana-de-açúcar fermentado (vinho) estão representadas nas Figuras de 7 a 13.

Em geral, os componentes secundários se volatilizaram conforme descrito por Lèauté (1990). Os aldeídos, os ésteres e o metanol, que apresentam menores pontos de ebulição, se destilaram no início da destilação (fração “cabeça” e início da fração “coração”). Os álcoois superiores, por serem solúveis em etanol e parcialmente solúveis em água, se destilaram ao longo de toda a destilação, porém se concentraram principalmente nas frações “cabeça” e “coração”. O ácido acético, principal componente da acidez volátil, se destilou principalmente a partir da metade da fração “coração”, se concentrando na fração “cauda”.

Figura 7 - Curva de volatilização dos ácidos voláteis durante a primeira destilação

Figura 8 - Curva de volatilização dos aldeídos durante a primeira destilação

Figura 9 - Curva de volatilização dos ésteres durante a primeira destilação

Figura 10 - Curva de volatilização do metanol durante a primeira destilação

Figura 11 - Curva de volatilização dos álcoois superiores durante a primeira destilação

Figura 12 - Curva de volatilização do coeficiente de congêneres durante a primeira destilação

Figura 13 - Curva de volatilização do etanol durante a primeira destilação

5.2.2 Segunda destilação

A volatilização dos compostos químicos da segunda destilação, que completa a dupla destilação, está representada nos gráficos das Figura 14 a 20.

Novamente aqui, os componentes secundários se volatilizaram conforme descrito por Lèauté (1990), porém, por se tratar da segunda destilação, a qual destilou um mistura hidralcoólica com aproximadamente 39% de etanol.

A tendência de volatilização dos componentes de “cabeça” e de “cauda” se acentuou, fazendo com que os respectivos componentes se concentrassem ainda mais nas primeiras frações do destilado (aldeídos, ésteres e metanol) ou nas últimas frações (ácido acético).

Figura 14 - Cinética de volatilização dos ácidos voláteis durante a segunda destilação

Figura 15 - Cinética de volatilização dos aldeídos durante a segunda destilação

Figura 16 - Cinética de volatilização dos ésteres durante a segunda destilação

Figura 17 - Cinética de volatilização do metanol durante a segunda destilação

Figura 18 - Cinética de volatilização dos álcoois superiores durante a segunda destilação

Figura 19 - Cinética de volatilização do coeficiente de congêneres durante a segunda destilação

Figura 20 - Cinética de volatilização do etanol durante a segunda destilação

Conforme as Figuras 8 e 15, o nível de acetaldeído no início das destilações (primeira e segunda) foi acima do limite da legislação, de 30mg/100mL AA (Tabela 1), como consequência do ponto de ebulição (T_{nb}) muito baixo ($T_{nb} = 21^{\circ}\text{C}$). Como demonstrado nas Figuras 7 e 14, a concentração de ácido acético no destilado aumentou durante as destilações. Isso ocorreu porque o vinho tornou-se concentrado neste composto enquanto os outros componentes (mais voláteis) foram destilados. O ponto de ebulição do ácido acético é muito elevado ($T_{nb} = 117^{\circ}\text{C}$), sendo destilado principalmente na fração “cauda”.

As curvas de volatilização dos ésteres, em acetato de etila, e do metanol (Figuras 9 e 16, 10 e 17 respectivamente) ilustram que ambos os compostos saem em grandes concentrações (entre 50 e 80mg/100mL AA) logo no início das destilações, o que é um comportamento esperado, pois trata-se de compostos voláteis com pontos de ebulição inferiores ao etanol ($T_{nb} = 78,3^{\circ}\text{C}$): $T_{\text{acetato}} = 77^{\circ}\text{C}$ e $T_{\text{metanol}} = 64,6^{\circ}\text{C}$. No caso do metanol, um comportamento inesperado é percebido no final de ambas as destilações, onde ocorre um aumento em sua concentração na fração “cauda”.

Analisando as Figuras 11 e 18, é possível perceber que a soma dos álcoois superiores está acima da legislação (360 mg/100mL AA) nas duas destilações reportadas, porém este teor tende a diminuir ao longo do processo, atingindo valores inferiores a 100 mg/100mL AA ao longo do tempo de destilação. Mas isso ocorre após o final da retirada da fração “coração”, ou seja, essa diminuição ocorre na fração “cauda” do destilado. Os álcoois superiores, apesar de possuírem pontos de ebulição normalmente mais elevados que o etanol seguiu a tendência da curva de destilação semelhante à do etanol (Figuras 13 e 20). Isto se deve ao fato dos álcoois superiores serem da classe dos álcoois, como o etanol, que têm afinidade ao álcool etílico e se destilam conjuntamente, por, possivelmente, formarem misturas azeotrópicas.

5.3 Análise química das aguardentes

5.3.1 Produção de aguardente segundo processo do *cognac* (LÉAUTÈ, 1990)

Foi realizada uma dupla destilação, sendo a primeira destilação para separar todo o álcool do vinho e também separar uma primeira fração “cabeça” do vinho (0,4% do volume da caldeira – que correspondeu aos primeiros 150mL destilados em cada monodestilação). Geralmente, a cada três cargas de uma primeira destilação, se obtinha cerca de 35L de destilado com média de 36% de álcool, que foram submetido a segunda destilação, na qual foi realizada a separação das frações: “cabeça” (1% do volume total destilado – que foram os primeiros 270mL destilados), “coração 1” ou aguardente (até 60% de álcool), “coração 2” (a partir de 60 até 5% de álcool) e “cauda” (de 5 a 0% de álcool).

Na Tabela 4 são apresentadas as composições em cada fração, obtidas para cada destilação. O produto final corresponde ao “coração 1”, ou seja, a aguardente propriamente dita. Pelos resultados, observa-se que os compostos se comportaram como esperado, vaporizando de acordo com sua volatilidade, onde os compostos mais voláteis destilaram no começo (fração “cabeça”), tal como o metanol, ésteres e acetaldeído, enquanto que os mais pesados destilaram no final (fração “cauda”), tal como o ácido acético.

O teor total de congêneres está dentro do limite da legislação brasileira, que é entre 200 - 650mg/100mL álcool anidro (AA) e as concentrações de todos compostos estão de acordo com a legislação brasileira, com exceção dos álcoois superiores: 548mg/100 mL AA, quando o limite máximo permitido é de 360mg/100mL AA.

As primeiras destilações foram responsáveis por uma diminuição significativa na acidez, medida em ácido acético. Os teores de ácido no “coração” ficaram em torno de 23mg/100mL AA, enquanto que na segunda destilação, este teor foi reduzido à aproximadamente 8mg/100mL AA. Sendo o ácido um indicador de qualidade essa diminuição foi favorável, pois menor acidez conduziu a melhor aceitação do produto (BOZA E HORII, 1998).

Tabela 4 - Composição das frações separadas pela dupla destilação seguindo o método de produção de *cognac*

Análises	B-I*			B-II*			B-III*			B-IV**			
	"Cabeça"	"Coração"	"Cauda"	"Cabeça"	"Coração"	"Cauda"	"Cabeça"	"Coração"	"Cauda"	BIV	"Cabeça"	"Coração 1"	"Coração 2"
Teor Alcoólico ¹	81,10	39,97	1,65	78,11	41,39	1,85	81,63	44,53	2,27	38,90	84,15	80,32	31,86
Cobre ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,06	0,38
Acidez volátil ³	9,08	23,78	604,80	9,13	23,54	513,73	9,31	26,68	429,14	30,54	5,93	8,87	44,75
Furfural + HMF ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aldeídos ³	101,17	9,25	0,00	135,73	12,71	0,00	80,94	7,28	0,00	10,04	88,01	9,42	0,00
Acetonas ³	2,86	0,32	0,00	5,18	0,49	0,00	2,44	0,28	0,00	0,33	4,84	0,38	0,00
Ésteres ³	200,78	10,53	0,00	166,17	8,69	0,00	179,11	9,23	0,00	9,72	71,38	8,68	0,00
Metanol ³	67,99	12,57	0,00	95,42	18,39	0,00	12,27	8,01	0,00	12,51	29,41	6,40	7,47
n-Propanol ³	46,91	32,31	0,00	44,66	36,60	0,00	45,01	26,14	0,00	31,16	30,42	45,43	22,09
Isobutanol ³	360,34	165,84	0,00	401,50	176,73	0,00	379,89	137,46	0,00	166,75	172,19	186,09	16,30
n-Butanol ³	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Álcool Isoamílico ³	531,99	301,95	0,00	533,94	284,57	0,00	557,35	235,59	0,00	285,27	158,05	316,98	43,56
Álcool Amílico ³	0,00	0,00	0,00	7,07	0,00	0,00	3,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Álcoois Superiores ³	939,24	500,09	0,00	987,19	497,91	0,00	985,93	399,19	0,00	483,19	360,66	548,51	81,95
Coeficiente de congêneres ³	1250,27	543,65	604,80	1298,22	542,86	513,73	1255,30	442,38	429,14	533,50	525,98	575,48	126,69

Notas: ¹ em %v/v;² em ppm;³ mg/100mL álcool anidro;

* referentes às cargas das primeiras destilações: B-I = primeira monodestilação, B-II = segunda monodestilação e B-III = terceira monodestilação;

** B-IV = segunda destilação (do conjunto das frações "coração" B-I + B-II + B-III)

Essa diminuição também pôde ser observada na concentração do metanol, uma substância altamente tóxica e, portanto, indesejável. Sua concentração foi diminuída no “coração” da segunda destilação, caindo de aproximadamente 12mg na primeira destilação para 6mg/100mL AA no produto final que corresponde a fração “coração 1”.

Já para os aldeídos (medidos pela concentração de acetaldeído), a influência não foi muito significativa, uma ligeira queda pode ser percebida na segunda destilação, porém essa redução não foi significativa, mas o teor de, aproximadamente, 9mg/100mL AA, está abaixo do permitido pela legislação brasileira (30mg/100mL AA). Este composto é indesejável, por estar associado à ressaca e intoxicação, portanto esta diminuição é favorável para a qualidade do produto final.

O teor detectado de ésteres (em acetato de etila) é baixo, em torno de 8,6mg/100mL AA, aproximadamente o mesmo encontrado nas demais frações de “coração” analisadas. Como já citado na literatura, os ésteres estão presentes principalmente na “cabeça” por serem mais voláteis que os demais componentes, o que justifica os 170mg/100mL AA nas frações de “cabeça” das primeiras destilações e 71,3mg/100mL AA nas “cabeças” nas segundas destilações.

Como já relatado, o teor de álcoois superiores (n-propanol + isobutanol + i-amílico) na fração coração ficou acima do limite da legislação de 360mg/100mL AA, nas 4 destilações realizadas. Porém, a concentração de álcoois superiores, dentro de certos limites, não parece ser um parâmetro que interfere negativamente na qualidade de bebidas destiladas, pois análises de *single malt whiskys* e *cognac* realizadas no laboratório mostraram que ambos apresentaram concentrações de álcoois superiores entre 438 a 478mg/100mL AA conforme Tabela 5.

Dentre os álcoois superiores analisados está o n-propanol, cuja concentração no “coração” aumentou com a segunda destilação, da primeira de 26 – 32 para 45mg/100mL AA. Isto não é desejável, pois este composto também é um indicativo de qualidade e aceitação pelo consumidor, para quem menor concentração de propanol, significa melhor qualidade da aguardente (ALMEIDA E BARRETO, 1972; BOZA E HORII, 1998).

Tabela 5 – Análises da composição química realizada em *whiskies* e *cognac*

Análises	Whisky A*	Whisky B**	Cognac***
Etanol ¹	41,00	40,92	40,52
Cobre ²	1,60	1,28	3,04
Acidez Volátil ³	64,38	67,61	86,33
Furfural ³	1,93	1,26	2,20
Aldeídos ³	10,94	8,64	7,97
Ésteres ³	26,39	27,13	40,44
Metanol ³	5,06	4,35	11,38
Álcoois Superiores ³	468,34	478,78	438,61
Coeficiente de Congêneres ³	571,98	583,42	575,54

Notas: ¹ em %v/v;² em ppm;³ mg/100mL álcool anidro;* Whisky A: *Glen Deveron Pure Highland Single Malt Aged 10 Years, William Lawson Distillers Ltd, Scotland*;** Whisky B: *Aberfeldy Single Highland Malt Scotch Whisky Aged 12 Years, Aberfeldy Distillery, Scotland*;*** Cognac: *Remy Martin Fine Champagne Cognac VSOP, CLS Remy Cointreau, France*

Com relação ao teor alcoólico, nas monodestações houve concentração do teor de etanol. Normalmente, na destilação simples de aguardente parte-se de um vinho com 8 - 10% v/v de etanol, enquanto que na segunda destilação partiu-se de uma mistura com 38,9% v/v, o que gera uma mudança significativa no teor alcoólico do “coração 1”, que apresentou 80,32% v/v. Isso ocorreu porque foi feita a segunda destilação em um alambique com uma coluna retificadora. Este teor alcoólico é bem superior ao encontrado numa cachaça a ser comercializada, acima do previsto na legislação (38 - 54°GL).

A concentração alcoólica do destilado (“coração 1”) atingiu limite acima dos estabelecidos pela legislação para o destilado alcoólico simples. Seu teor foi 80,32% (v/v) e o intervalo de concentração alcoólica para destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar é de 54 a 70% (v/v). Isto ocorreu porque a destilação foi realizada em

alambique com coluna concentradora (Figura 2). No entanto, é procedimento usual em destilarias comerciais a diluição da aguardente com água até a concentração alcoólica desejada.

Nas Figuras 21, 22, 23 e 24 estão apresentados os perfis de temperatura da caldeira e da coluna do alambique retificador e a graduação alcoólica do destilado nas três primeiras destilações (B-I, B-II e B-III) e na segunda destilação (B-IV).

O início da destilação correspondeu ao momento que caiu a primeira gota de destilado do alambique.

Os perfis obtidos com as primeiras destilações (monodestilação) e a dupla destilação são semelhantes. Como esperado, à medida que a temperatura aumenta, tanto na caldeira como na coluna, ocorre um decréscimo na graduação alcoólica do destilado. A graduação alcoólica vai diminuindo ao longo do tempo, porque o teor alcoólico da aguardente é medido pela concentração de etanol, uma substância volátil, que tende a evaporar no início da destilação, estando presente em maior concentração nas primeiras frações retiradas.

Figura 21 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a primeira monodestilação (B-I)

Figura 22 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante segunda monodestilação (B-II)

Figura 23 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a terceira monodestilação (B-III)

Figura 24 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda destilação (B-IV)

5.3.2 Produção de aguardente segundo processo do *whisky* (PIGGOTT, 2003)

Seguindo o processo de destilação de *scotch malt whisky*, foi realizada uma dupla destilação, sendo a primeira para separar todo álcool do vinho, sem realizar nenhum corte das frações, e a segunda para realizar os pontos de cortes das frações de “cabeça” (2% do volume total a ser destilado – que correspondeu aos primeiros 500mL destilados), “coração” (até 70% de álcool) e “cauda” (à partir de 70 à 5% de álcool).

Com a realização das primeiras destilações conforme a Tabela 6, a concentração de etanol do líquido a ser submetido à segunda destilação foi de 39,84% (v/v). Normalmente se parte de uma mistura com 8 - 10% v/v de álcool; enquanto que na dupla destilação se partiu de uma mistura com 39% v/v, o que gera uma mudança significativa no teor alcoólico do “coração” destilado (78,5% v/v). Quando a segunda destilação é realizada, já foram retirados contaminantes e também parte da água, que não entra na mistura a ser novamente destilada; com isso se concentra o destilado em etanol.

Assim como observado no processo do *cognac*, o teor total de congêneres (627,94mg/100mL AA) segundo processo do *whisky* está dentro do limite da legislação

brasileira, que é entre 200 - 650mg/100mL AA e as concentrações de todos compostos estão de acordo com a legislação brasileira, com exceção dos álcoois superiores, cujo limite máximo permitido é de 360mg/100mL AA.

No caso de um outro indicador de qualidade e aceitação da bebida, o n-propanol (ALMEIDA E BARRETO, 1972; BOZA E HORII, 1998), diferente do que foi observado no método de produção de *cognac*, neste caso ocorreu uma leve queda no teor com a dupla destilação, em comparação às destilações A-I e A-II.

Tabela 6 – Composição das frações separadas durante as destilações seguindo o método de produção de *whisky*

Análises	A-I Final	A-II Final	A-III Final	A-IV			
				Inicial	“Cabeça”	“Coração”	“Cauda”
Teor Alcoólico ¹	41,89	39,15	38,25	39,84	84,19	78,55	35,09
Cobre ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	0,13
Acidez volátil ³	28,36	18,21	19,88	23,85	5,64	6,05	33,86
Furfural + HMF ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aldeídos ³	4,52	12,29	9,50	11,11	76,25	9,59	0,00
Acetonas ³	0,15	0,38	0,25	0,36	5,06	0,44	0,00
Ésteres ³	2,73	9,43	8,41	10,84	75,24	10,39	0,00
Metanol ³	8,57	13,63	10,63	14,60	52,32	9,45	6,06
n-Propanol ³	30,53	32,09	23,21	26,87	21,89	27,12	19,84
Isobutanol ³	161,62	160,67	158,28	167,59	194,19	184,53	38,45
n-Butanol ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Álcool Isoamílico ³	337,29	331,52	360,60	353,73	239,78	390,24	122,49
Álcool Amílico ³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Álcoois Superiores ³	529,45	524,28	542,09	548,19	455,87	601,89	180,79
Coefficiente de congêneres ³	565,06	564,20	579,89	593,99	613,01	627,94	214,64

Notas: ¹ em %v/v;

² em ppm;

³ mg/100mL álcool anidro;

* referentes às bateladas das primeiras destilações: A-I = primeira monodestilação, A-II = segunda monodestilação e A-III = terceira monodestilação;

** A-IV = segunda destilação (do conjunto A-I + A-II + A-III)

Com relação à acidez, medida em teor de ácido acético, nas primeiras destilações os teores na fração “coração” ficaram em torno de 20 a 28mg/100mL AA,

enquanto que na segunda destilação este teor foi reduzido a aproximadamente 6mg/100mL AA. Este comportamento é satisfatório, pois a baixa acidez da bebida é um indicador de qualidade e de melhor aceitação do produto (BOZA E HORII, 1998).

Bizelli *et al*, (2000) estudaram a caracterização físico-química de aguardentes de cana produzidas em um sistema artesanal comparando com o processo de dupla destilação e observou variações marcantes na acidez total, volátil e fixa (mg de ácido acético/100mL de álcool anidro), respectivamente, de 43,95 para 17,95; de 42,60 para 17,00; e de 1,35 para 0,92; no teor de cobre de 2,67 para 0,32mg/L; no teor de aldeídos totais de 21,1 para 15,80mg de aldeído acético/100mL de álcool anidro; de ésteres totais de 20,26 para 9,74mg de acetato de etila/100mL de álcool anidro; de acetona de 1,81 para 1,68mg/100mL de álcool anidro; de álcoois superiores de 397,17 para 349,33mg/100mL de álcool anidro. Não foram observadas variações relevantes na densidade, no grau alcoólico e no extrato seco.

Os aldeídos (em teor de acetaldeído) tiveram uma pequena queda que pode ser percebida na segunda destilação e encontra-se abaixo do permitido pela legislação brasileira (30mg/100mL AA), sendo isto, vantajoso já que este composto está associado à ressaca e intoxicação.

Com relação ao metanol, composto altamente tóxico, sua concentração foi diminuída no “coração” da dupla destilação, diminuindo de aproximadamente 13mg (A-II) para 9mg/100mL AA.

Na fração “coração” o teor de ésteres, medido em acetato de etila, foi de aproximadamente 10mg/100mL AA. A dupla destilação não promoveu diminuição significativa da concentração de ésteres da aguardente. Na mistura inicial da dupla destilação o teor foi de 10,83 mg/100 mL AA e na fração “coração” foi de 10,38mg/100mL AA. Como já encontrado na literatura (CASSINI, 2004), este composto está presente principalmente na “cabeça”, por ser mais volátil que os demais.

Também neste processo de destilação o destilado (“coração”) apresentou concentração alcoólica acima dos limites estabelecidos pela legislação para o destilado alcoólico simples que dará origem à aguardente. A concentração alcoólica da fração “coração” foi 78,55% (v/v) e, conforme já mencionado, o intervalo de concentração alcoólica para destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar é de 54 a 70% (v/v).

Novamente, isto foi devido à destilação ter sido realizada em alambique com coluna concentradora (Figura 2).

Nas análises das amostras desta metodologia também não foram detectadas as presenças de furfural e hidroximetilfurfural. O teor de cobre apresentou-se em baixas concentrações, conforme já discutido no item anterior.

Nas Figuras 25 a 28, são apresentados os perfis de temperatura da caldeira e da coluna do alambique retificador e graduação alcoólica durante as três primeiras destilações (A-I, A-II e A-III) e a segunda destilação (A-IV).

Novamente, o início correspondeu ao momento que caiu a primeira gota de destilado. Com o transcorrer da destilação, diminui a concentração alcoólica do vinho na caldeira, fazendo com que aumentasse a temperatura necessária para a destilação, medida na caldeira e na coluna.

Observa-se também que a temperatura da mistura nas destilações simples situa-se entre 84° e 99°C. A temperatura mais baixa no início se deve ao baixo ponto de ebulição da maioria dos compostos, enquanto que o aumento, se aproximando de 100°C ocorre pela grande quantidade de água presente na mistura. Já no caso da segunda destilação, a temperatura de início de saída de produto é em torno de 75°C, atingindo os 100°C na caldeira no final do processo.

Figura 25 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a primeira monodestilação (A-I)

Figura 26 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda monodestilação (A-II)

Figura 27 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a terceira monodestilação (A-III).

Figura 28 - Perfil de graduação alcoólica e temperaturas na caldeira e na coluna durante a segunda destilação (A-IV).

No caso das primeiras destilações, a primeira (A-I) realizada apresenta uma pequena diferença nos perfis de temperatura e graduação alcoólica em relação outras duas (A-II e A-III). Um pequeno aumento na graduação alcoólica é observado no terceiro ponto da curva, um comportamento não usual em uma destilação. Isso ocorreu, neste procedimento pois foi a primeira destilação realizada e ainda estavam sendo feitos alguns ajustes para a melhor operação do equipamento.

5.3.3 Produção da aguardente testemunha

Na Tabela 7 pode-se observar a composição química da aguardente testemunha monodestilada produzida. Todos os compostos analisados estão dentro do limite da legislação brasileira, com exceção, novamente, dos álcoois superiores, cujo limite máximo permitido é de 360mg/100mL AA e o valor obtido foi de 380,60 mg/100mL AA.

Pode-se observar que os compostos indicativos de qualidade e aceitação da bebida, tais como acidez volátil e aldeídos, apesar de estarem dentro dos limites da legislação brasileira, apresentaram concentração mais elevada do que as encontradas nas aguardentes duplamente destiladas, tanto pelo processo do *cognac* quanto do *whisky*.

Tabela 7 – Composição química da aguardente testemunha

Análises	Aguardente testemunha
Teor Alcoólico ¹	46,31
Cobre ²	0,05
Acidez volátil ³	59,74
Furfural + HMF ³	0,00
Aldeídos ³	23,51
Ésteres ³	4,29
Metanol ³	7,68
n-Propanol ³	20,01
Isobutanol ³	77,72
Álcool Isoamílico ³	282,86
Álcoois Superiores ³	380,60
Coeficiente de Congêneres ³	466,54

Notas: ¹ em %v/v;² em ppm;³ mg/100mL álcool anidro

5.3.4 Determinação dos teores de carbamato de etila

A concentração de carbamato de etila já estava relativamente baixa na aguardente monodestilada (testemunha). Porém, conforme mostrado na Tabela 8, a dupla destilação proporcionou redução desse contaminante no produto final.

Tabela 8 - Resultados dos teores de carbamato de etila encontrados nas amostras de aguardentes

Aguardentes	Carbamato de etila (µg/L)
Método <i>Cognac</i>	< L.D. +
Método <i>Whisky</i>	< L.D. #
Testemunha	74,1±8,10

Notas: # L.D. = Limite de quantificação = 30,0 µg/L

+ L.D. = Limite de detecção = 10,0 µg/L

Riffkin *et. al.* (1989), utilizando pequenos alambiques experimentais, um deles totalmente em cobre, mostraram que a formação do carbamato de etila em recém

destilados só ocorreu na presença de cobre, numa reação que se completa após 48 horas.

Considerando-se o exposto, é razoável supor que o processo de dupla destilação pode representar maneira eficaz de reduzir ou mesmo evitar a presença desse contaminante na aguardente, tanto reduzindo a destilação dos precursores (na segunda destilação) quanto reduzindo os teores de cobre do destilado, conforme já demonstrado por Riffkin *et. al.* (1989) em dupla destilação para a produção de *whisky*.

5.3.5 Compostos fenólicos totais e cor

Na Tabela 9 estão apresentados os teores de polifenóis totais e os valores da intensidade de cor das aguardentes envelhecidas.

Tabela 9 – Polifenóis totais (mg/100mL ácido gálico) e intensidade de cor (%T a 420nm) das aguardentes

Aguardentes	Compostos fenólicos totais	Intensidade de cor
Método <i>Cognac</i>	187,77	29,5
Método <i>Whisky</i>	186,74	13,1
Testemunha	187,74	27,4

5.4 **Análise sensorial**

A análise estatística dos resultados (Análise de Variância – ANOVA, com aplicação do Teste F) mostrou diferença significativa ao nível 5% entre os resultados da análise sensorial por teste afetivo de aceitação das amostras em relação aos atributos aroma, sabor e aparência das aguardentes produzidas. Conforme mostrado nas Figuras 29 a 31, as aguardentes duplamente destiladas obtiveram, em geral, as maiores notas dos provadores, com exceção do atributo aroma.

Figura 29 – Representação gráfica em relação à aparência das aguardentes analisadas

Figura 30 – Representação gráfica em relação ao aroma das aguardentes analisadas

Figura 31 – Representação gráfica em relação ao sabor das aguardentes analisadas

As aguardentes também foram analisadas em relação à atitude de compra, ou seja, com qual aguardente cada provador se identificava mais e com maior porcentagem foi a aguardente produzida segundo o método do *whisky* conforme Figura 32.

Figura 32 – Representação gráfica em relação à atitude de compra dos provadores em relação as aguardentes apresentadas

Durante a *Worldwide Distilled Spirits Conference*, realizada em Edimburgo - Escócia em setembro de 2008, as aguardentes duplamente destiladas produzidas neste experimento foram avaliadas sensorialmente por um painel de degustadores da *Scotch Malt Whisky Society (SMWS)*, tendo sido consideradas sensorialmente superiores aos *blended whiskies* disponíveis no mercado mundial e similar aos *single malt whiskies* de 8 a 12 anos de maturação. Os provadores demonstraram grande interesse em avaliar a aguardente após um maior período de maturação, projetando que esta aguardente poderia atingir a qualidade de um *whisky* maturado por 18 anos ou mais. *"The colour was amber, although I argued for brass, but was like a non-sherried whisky matured in the normal bourbon casks. The liquid was quite viscous, with "slow legs" when swilled round the glass. At 41% abv, we assumed it had been chill-filtered but you may not need to do that with cachaça. The nose first had honey and liquorice, changing to aniseed. It became more herbal and spicy - cinnamon and nutmeg - and we could believe it was a relative of Rum. The sweetness had a contrasting pungency of linseed oil or coal tar soap. The first taste was bitter-sweet, rather than sweet, with aniseed coming through strongly. The mouthfeel was slightly fizzy, reminding us of sherbet, but smooth and warming, rather than burning. Robin got a hint of sawdust from a hardwood, or perhaps the burnt smell of drilling through hardwood. Adding a small drop of water brought out the spices but it would be easy to drown the tastes with too much water. Overall, we agreed that it tasted of aniseed and bubble-gum and was a very pleasant and agreeable start to our evening of whiskies. I know that you are not trying to make whisky but trying to make a superior cachaça that can compete with drinks like whisky. Robin shared my view that you have already achieved that and that what we tasted could match many young Scottish whiskies, particularly Lowland, and was superior to many of the blended grain whiskies that dominate the world market. It was impressive and we would love to try a 7 or 10 year-old if you can ever wait long enough with your experiments. We were also fascinated by the possibilities you are investigating with different Brazilian woods"* Donald Macrae e Robin Laing - SMWS.

6 CONCLUSÃO

As metodologias de dupla destilação similares às técnicas usadas nos países de origem para a produção de *cognac* e *whisky*, aplicadas à destilação de caldo de cana fermentado conferiram às aguardentes de cana-de-açúcar qualidades química e sensorial superiores às dos destilados tradicionais.

A harmonia da composição química das aguardentes duplamente destiladas foi importante para a qualidade química e sensorial da bebida.

No teste afetivo houve preferência pelas aguardentes duplamente destiladas para os atributos sabor, aparência e atitude de compra, quando comparadas à aguardente monodestilada.

REFERÊNCIAS

ABRABE. **Associação Brasileira de Bebidas**. Disponível em: www.abrabe.org.br. Acesso em: 14 abril 2006.

AMERINE, M.A.; BERG, H.W.; CRUESS, W.V. **Brandy Production**. In: The Technology of wine making. 3rd ed. Westport: The Avi publishing, 1972. p.600-644.

AMORIM, H.V.; OLIVEIRA, A.J. Infecção na fermentação: Como evitá-la. **Álcool e Açúcar**, São Paulo, v.2, n.5, p.12-18, 1982.

AMPAQ. **Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade**. Disponível em: www.ampaq.com.br. Acesso em: 11 jun. 2007.

ANDRADE, L.A.B. Cultura de cana-de-açúcar. In: _____ **Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por aluminossilicatos**. Lavras: UFL, 2006. 1v.

ANDRADE-SOBRINHO, L.G. de; BOSCOLO, M.; LIMA-NETO, B. dos S.; FRANCO, D.W. Carbamato de Etila em Bebidas Alcoólicas (cachaça, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.6b, p.1074-1077, nov./dez. 2002.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: E. Blücher, 1983. 243 p. (Biotecnologia, 5).

AZEVEDO, S.M.; CARDOSO, M. das G.; PEREIRA, N.E.; RIBEIRO, C.F.S.; SILVA, V.F.; AGUIAR, F.C. Levantamento da contaminação por cobre nas aguardentes de cana-de-açúcar produzidas em Minas Gerais. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.27,n.3, p.618-624, 2003.

BOSCOLO, M.; LIMA NETO, B.S.; FRANCO, D.W. O envelhecimento de aguardente de cana-de-açúcar em tonéis de madeira. **Engarrafador Moderno**, São Paulo v.6, n.41, p.30-33, set./out. 1995.

BOZA, Y.; HORII, J. Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.4, out/dez 1998. ISSN 0101-2061.

BOZA, Y.; OETTERER, M. Envelhecimento de cachaça de cana. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.1, p.8-15, 1999.

BOZA, Y., HORII, J. Influência do grau alcoólico e da acidez do destilado sobre o teor de cobre na aguardente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.3, p.279-284, set./dez 2000. ISSN 0101-2061.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Decreto nº 2.314 de 04 de setembro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de setembro de 1997.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Decreto nº 4.072 de 03 de janeiro de 2002**. Diário Oficial da União, Brasília, 04 de janeiro de 2002.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Decreto nº 4.062 de 21 de dezembro de 2001**. Diário Oficial da União. Brasília, 21 de dezembro de 2001.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Diário Oficial da União, Brasília, 04 de junho de 2009.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005**. Diário Oficial da União. Brasília, 30 de junho de 2005.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **Portaria nº 371 de 18 de setembro de 1974**. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de setembro de 1974.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas; Cooperativa Regional dos Produtores de Açúcar e de Alcool de Alagoas; Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB - Regional Leste). 1998. 424p.

CANTÃO, F.O. **Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por aluminossilicatos**. 2006. 1v. Dissertação (Mestrado na área de Agronomia) - Universidade Federal Lavras, Lavras, 2006.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise tempo-intensidade de características sensoriais de cachaça de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus* sp). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.1, p.27-34, jan./abr. 2000a.

CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise da aceitação de aguardentes da cana por testes afetivos e mapas de preferência interno. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 20, p. 32-36, 2000b.

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

CASCUDO, L.C. **História da alimentação no Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia/EDUSP, 1983. 1v.

CASSINI, C.E.B. **Produção de aguardente de cana de açúcar por células imobilizadas**. 2004. 143p. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Relatório do projeto de análise sensorial de alimentos**. Belo Horizonte: CETEC, 1989. 1v.

CHAVES, J.B.P.; PÓVOA, M.E.B. A **Qualidade da aguardente de cana-de-açúcar**. In: MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. (Ed.). **Aguardente de cana. produção e qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.93–132.

CLEGG, B.S.; FRANK, R. Detection and quantification of trace levels of ethyl carbamate in alcoholic beverages by selected ion monitoring. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.36, n.3, p.502-505, 1988.

ESPERANCINI, M.S.T. **Mercado brasileiro de bebidas**. In: VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, bpf/ appcc, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 2 v. 1 p.21-49.

FARIA, J.B. **A redução dos teores de cobre contaminante das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum* L.) brasileiras**. 1982. 52p. Tese de (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

FARIA, J.B. **Determinação dos compostos responsáveis pelo defeito sensorial das aguardentes de cana (*Saccharum ssp*) destiladas na ausência de cobre**. 2000. 99p. Tese de (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2000.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **A potência do álcool nos próximos dez anos. Agrianual 2004**: Anuário da agricultura brasileira, São Paulo, 2004. p.213–215.

FORLIN, F.J. **Maduração de aguardente de cana composta com extrato de Madeira de carvalho em embalagens de polietileno tereftalato (PET)**. 2005. 1v. Tese de (Doutorado na área de Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FRANCO, C. **De gole em gole, a cachaça ganha mercado**. O Estado de São Paulo, 24 fev. 2002, Economia, p.b-12.

GALLO, C.R.; CANHOS, V.P. **Contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica** – Revisão. **STAB**, Piracicaba, v.9, n 4/5, p.33-40, mar./jun. 1991.

GUYMON, J.F. Higher alcohols in beverage brandy. **Feasibility of control of levels. Wines and Vines**, Washington, v.53, p.3–40, 1972.

GUYMON, J.F. Chemical aspects of distilling wines into brandy. In: WEBB, A.D. (Ed.). **Chemistry of Winemaking**, Washington, p.232-253, 1974. (Advances in Chemistry, series, 137).

LAING, D.G.; JINKS, A. Flavour perception mechanisms. **Food Science and Technology**, London, v. 7, n. 12, p.387-389, 1996.

LAMIABLE, D.; HOIZEY, G.; MARTY, H.; VISTELLE, R. Acute methanol intoxication. **EMC-Toxicologie Pathologie**, v. 1, p.7-12, 2004.

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

LIMA, U. de A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. de A. (Ed.) Biotecnologia Industrial - **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. cap.5 v. 4 p.145-182.

LIMA, U. de A. Aguardentes. In: AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, W. **Biotecnologia – Alimentos e bebidas obtidos por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. v 5 p.79-103.

LIMA, U. de A. Produção nacional de cachaças e potencialidade dos mercados internos e externos. In: MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. (Ed.) **Aguardente de cana: produção e qualidade**. Jaboticabal: Fundação Estadual de Pesquisas Agronômicas, 1992. p.151-163.

LIMA NETO, B.S.; FRANCO, D.W. A aguardente e o controle químico de sua qualidade. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 4, n.33, p.5-8, 1994.

LOPEZ, R. Cachaça amplia potencial de consumo no mercado externo. **STAB**. Açúcar, álcool e subprodutos. p.18-24, jul 2003. Disponível em: www.engarrafadormoderno.com.br. Acesso em: 24 set. 2007.

MAIA, A.B.R. Componentes secundários da Aguardente. **STAB, Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.12, n.6, p.29-34, 1994.

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

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 18 abril 2008.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. Consumer test and in-house panel acceptance tests. In: MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B. T. (Ed.). **Sensory evaluation techniques**. Florida: CRC Press, 1988. p.119-141.

MIRANDA, M.B.; MARTINS, N.G.S.; BELLUCO, A.E.S.; HORII, J.; ALCARDE, A.R. Qualidade química de cachaças e de aguardentes brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p.897-901, 2007.

MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A.; Aguardente. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas**: matéria-prima, processamento, BPF/ APPCC, Legislação e Mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 20 v. 1 p.485-524.

NASCIMENTO, R.F.; MARQUES, J.C.; NETO, B.S.L.; KEUKELEIRE, D.; FRANCO, D.W. Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 782, p.13-23, 1997.

NYKÄNEN, L. Formation and occurrence of flavour compounds in 290 wine and distilled alcoholic beverages. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 37, n.1, p.84-96, 1986.

NOBREGA, I.C.C; LIMA, A.K.S. Avaliação de Parâmetros de Qualidade em Aguardente de Cana Produzidas no Estado da Paraíba. **CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.85-96, jan/jun. 2004.

NOGUEIRA, A.M.P.; VENTURINI FILHO, W.G. **Aguardente de cana**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2005. 1v.

NOVAES, F.V. **Tecnologia da aguardente**. Piracicaba: Centro Acadêmico Luiz de Queiroz, 1970. 143p.

NOVAES, F.V. **Noções básicas sobre a teoria da destilação**. Piracicaba: ESALQ/Depto de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, 1994. 22p.

NOVAES, F.V. **Produção e qualidade da aguardente de cana**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 27p. (Apostila).

OLIVEIRA, E.S. **Características fermentativas, formação de compostos voláteis e qualidade da aguardente de cana obtida por linhagens de leveduras isoladas de destilarias artesanais**. 2001. 1v. Tese de (Doutorado em Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

PIGGOTT, J.R.; CONNER, J.M. Whiskies. In: LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J.R. (Ed.). **Fermented beverage production**. 2nd ed. New York: Klumer Academic/Plenum Publishers, 2003. cap. 11 p.239-262.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PITONDO, P.B. A cachaça e o desafio da “tequila” brasileira. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v.167, p.12-17, 2008.

PUECH, J.L. Phenolic compounds in oak extracts using in the aging of brandies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Montpellier, v.42, n.1, p.165-172, 1988.

RIBEIRO, C.A.F. ;HORII, J. Pontencialidades de linhagens de levedura *saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana. **Sciencia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.255-263, 1999. ISSN 0103-9016.

RIFFKIN, H.L.; WILSON, R.; BRINGHURST, T. A. The possible involvement of Cu⁺² peptide/protein complexes in the formation of ethyl carbamate. **Journal of the Institute Brewing & Distilling**, London, v. 95, p.121-122, 1999.

SALES, A.C. Registro de estabelecimento, equipamentos para produção e controle de operação da fábrica de aguardente. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: Editora UFLA, 2001. cap. 2 p.51-112.

SARGENTELLI, V.; MAURO, A.E.; MASSABNI, A.C. Aspectos do metabolismo do cobre no homem. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 3, p.290-293, 1996.

SAS. Statistical Analysis System Institute. **Sas/Qc software**; usage and reference. 2nd.ed. Cary, USA, 1996. 2v.

SCHWAN, R.F.; CASTRO, H.A. de; Fermentação. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: Editora UFLA, 2001. cap. 3 p.113-127.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1993. 338p.

STUPIELLO, J.P. Destilação do vinho. In: MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. (Ed.). **Aguardente de cana – produção e qualidade**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.67-78.

VALSECHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ; Editora Agronômica Ceres, 1960. 120p.

VARGAS, E.A.; GLÓRIA, M.B. Qualidade da cachaça de cana (*Saccharum officinarum*, L.) produzida, comercializada e/ou engarrafada no Estado de Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p.43-46, 1995.

YOKOYA, F. **Fabricação da cachaça de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1995. 92p.

ZOCCA, F.; LOMOLINO, G.; CURIONI, A.; SPETTOLI, P.; LANTE, A. Detection of pectinmethylesterase activity in presence of methanol during grape pomace storage. **Food Chemistry**, Rome, v.102, p. 59 - 65, 2007.