

**LEANDRO DIAS ARAÚJO**

**ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA DE CACHAÇA:  
PROPOSTA DE UM PROTOCOLO PRELIMINAR PARA  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA BEBIDA**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A663a  
2010

Araújo, Leandro Dias, 1982-

Análise sensorial descritiva de cachaça : proposta de um  
protocolo preliminar para avaliação da qualidade da bebida /  
Leandro Dias Araújo. – Viçosa, MG, 2010.  
xvi, 111f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: José Benício Paes Chaves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 102-107.

1. Cachaça – Avaliação sensorial. 2. Cachaça - Qualidade.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 663.53

**LEANDRO DIAS ARAÚJO**

**ANÁLISE SENSORIAL DESCRITIVA DE CACHAÇA:  
PROPOSTA DE UM PROTOCOLO PRELIMINAR PARA  
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA BEBIDA**

Dissertação apresentada  
à Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos,  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2010

---

Prof. Paulo Henrique Alves da Silva  
(Co-orientador)

---

Prof<sup>fa</sup> Valéria Paula R. Minim  
(Co-orientador)

---

Prof<sup>fa</sup> Edimar Aparecida F. Fontes

---

Prof. Joel Camilo Souza Carneiro

---

Prof. José Benício Paes Chaves  
(Orientador)

Aos meus queridos pais, Nilsa e David, pelo modelo a seguir  
À Jessica, pelo amor, companheirismo e motivação  
Aos meus irmãos, Alysson, Hernane e Giuliane, pelos momentos de  
descontração  
À minha segunda mãe, tia Nita, pelo carinho e por todo o amor e atenção  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo conforto nos momentos de angústia, pela iluminação nos momentos de escuridão, pela força nos momentos de fraqueza.

Aos meus pais, Nilsa e David, à minha segunda mãe, tia Nita, aos meus irmãos Alysson, Hernane e Giu, à minha cunhada Marcelle e ao meu sobrinho Davi por todo o apoio, incentivo, paciência, pela amizade e por todo o amor dedicado a mim.

Agradeço especialmente à minha noiva Jessica, por todos os momentos que vivemos juntos, por este amor infinito, pelos puxões de orelha, mas principalmente pelo incentivo e motivação, sem os quais eu não teria chegado até aqui.

À família Suda, que me acolheu como se um deles fosse.

Ao Prof. José Benicio Paes Chaves pela orientação ao longo de vários anos, pela amizade e confiança em meu trabalho.

À Profa. Valéria Paula Rodrigues Minim e ao Prof. Paulo Henrique Alves da Silva pelos ensinamentos, sugestões e pela atenção dedicada a este trabalho.

Agradeço também a Dra. Silvia Rosane Colodetti Yokota e a Dra. Aline Fonseca da Silva, pela amizade, pelo companheirismo, pelos ensinamentos e pelo incentivo no início de minha vida acadêmica.

Aos provadores que chegaram até o fim deste longo trabalho: Alexandre, Brenda, Daniel, Diego Lisboa, Diego Wakin, Fátima, Juan, Gabriel, Paulo e Thaís.

Ao doutorando José Carlos Baffa Junior, pela realização das determinações de carbamato de etila.

Aos estudantes de Engenharia de Alimentos, Pedrão e Ana Paula, que me auxiliaram durante a realização das avaliações sensoriais. Pela amizade e pelo bom trabalho.

Aos meus amigos Alexandre Fontes e Brenda Neres, pela ajuda nas análises físico-químicas, pela amizade e incentivo.

A todos os amigos do programa de pós-graduação do Departamento de Tecnologia de Alimentos.

Aos professores Edimar Filomeno e Joel Camilo Souza Carneiro, pela atenção, dedicação e disposição para participar da banca de defesa.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Adão, Divino, Pi, Pio, Vânia, Geralda, Juarez, Ademir, Tomaz, Marcos, Letícia e Lúcia. Muito obrigado por todos estes anos de convivência sempre muito agradável.

A Universidade Federal de Viçosa, por toda minha formação acadêmica. Terei sempre um orgulho imenso de ter me formado aqui.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

## **BIOGRAFIA**

Leandro Dias Araujo, filho de Nilsa Dias Araujo e David Couto Araujo, nasceu em 12 de novembro de 1982 em Viçosa – MG. Graduou-se em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa em outubro de 2006.

Concluiu o curso de pós-graduação “lato sensu” em Gestão da Produção oferecido pelo Departamento de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Viçosa em novembro de 2009.

Conclui o Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos oferecido pelo Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa em fevereiro de 2010.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. Legislação .....	3
2.2. Avaliação sensorial de cachaça .....	5
2.3. Avaliação do desempenho de equipes sensoriais .....	9
2.4. Análise estatística multivariada em análise sensorial .....	11
2.5. Análise de componentes principais .....	12
2.6. Análise por variáveis canônicas .....	13
2.7. Compostos voláteis de importância em cachaça.....	14
2.7.1. Aldeídos .....	15
2.7.2. Ésteres .....	17
2.7.3. Metanol.....	18
2.7.4. Álcoois Superiores.....	18
2.7.5. Ácidos orgânicos .....	19
2.8. Protocolo de avaliação sensorial .....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
3.1. Materiais .....	22
3.2. Métodos.....	23
3.2.1. Análises físico-químicas .....	23
3.2.2. Determinação do carbamato de etila.....	24
3.2.3. Avaliação sensorial descritiva da cachaça e aguardente .....	25
3.2.3.1. Recrutamento da equipe .....	25
3.2.3.2. Pré-seleção da equipe de provadores.....	25
3.2.3.3. Seleção da equipe de provadores.....	27
3.2.3.4. Levantamento dos atributos sensoriais .....	31
3.2.3.5. Desenvolvimento de ficha de análise sensorial de cachaça.....	33
3.2.3.6. Treinamento e seleção final dos provadores.....	34
3.2.3.7. Estudo da redução do número de provadores por equipe.....	34

3.2.3.8. Estudo da redução do número de atributos.....	35
3.2.4. Correlação entre avaliações sensoriais e físico-químicas .....	36
4. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
4.1. Análises físico-químicas das cachaças e aguardentes.....	37
4.2. Avaliação sensorial descritiva da cachaça e aguardente .....	42
4.2.1. Recrutamento e pré-seleção da equipe de provadores.....	42
4.2.2. Seleção da equipe de provadores.....	43
4.2.3. Levantamento de atributos e desenvolvimento de ficha de avaliação .....	45
4.2.4. Treinamento e seleção final dos provadores.....	49
4.2.5. Estudo do número de provadores por equipe .....	51
4.2.6. Estudo da redução do número de atributos.....	78
4.2.7. Correlação entre as medidas sensoriais e físico-químicas.....	94
4.2.8. Protocolo preliminar para a avaliação da qualidade de cachaça..	96
4.2.8.1. Amostras .....	96
4.2.8.2. Ambiente da avaliação .....	97
4.2.8.3. Formação da equipe e treinamento.....	98
4.2.8.4. Padrões de referência .....	98
4.2.8.5. Análise das amostras .....	99
5. <b>CONCLUSÕES</b> .....	100
6. <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	102
7. <b>ANEXO 1</b> .....	108

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Compostos Voláteis encontrados na cachaça e suas características .....	16
Tabela 2 - Caracterização das amostras .....	22
Tabela 3 – Concentrações dos padrões utilizados para a construção das curvas de calibração (em ppm) .....	24
Tabela 4 - Identificação das cores utilizadas no teste.....	28
Tabela 5 - Soluções de gostos primários.....	28
Tabela 6 - Atributos sensoriais de bebidas destiladas e suas definições .....	31
Tabela 7 - Resultado das análises físico-químicas das bebidas – média e desvio padrão .....	38
Tabela 8 – Valores médios e desvio padrão das análises de carbamato de etila em amostras de cachaça e aguardente.....	41
Tabela 9 - Resultado dos testes complementares de pré-seleção dos candidatos.....	44
Tabela 10 - Lista dos atributos selecionados com seus padrões de referência	46
Tabela 11 - Desempenho dos provadores para discriminação (p(F)amostra $\leq$ 0,50) e repetibilidade (p(F)repetição $\geq$ 0,05) entre as amostras...	50
Tabela 12 - Formação das diferentes equipes de provadores treinados .....	51
Tabela 13 - Resumo da ANOVA dos escores dos atributos sensoriais de cachaça (equipe completa).....	52
Tabela 14 - Médias dos atributos sensoriais de cachaça por marca e por equipe .....	54
Tabela 15 - Análise de componentes principais dos resultados das equipes sensoriais formadas.....	66
Tabela 16 - Indicação das equipes com efeito de marca significativo. ....	74
Tabela 17 - Número mínimo de provadores necessário para que o efeito da marca para cada Fn seja significativo.....	77
Tabela 18 - Resumo das análises de variância dos escores sensoriais dos produtos envelhecidos .....	79
Tabela 19 - Estimativa das médias canônicas - valores por marca para as variáveis canônicas Can1 e Can2 – produto envelhecido. ....	80
Tabela 20 - Estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados para bebida envelhecida.....	82

Tabela 21 - Correlações entre os 15 atributos avaliados para bebida envelhecida – Coeficiente de correlação de Pearson e valor p. ....	83
Tabela 22 - Coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados de maior importância relativa – bebida envelhecida. ....	85
Tabela 23 - Resumo das análises de variância dos escores sensoriais dos produtos novos .....	88
Tabela 24 - Estimativa das médias canônicas - valores por marca para as variáveis canônicas Can1 e Can2 - produto novo.....	89
Tabela 25 - Estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados para bebida nova. ....	91
Tabela 26 - Correlações entre os 15 atributos avaliados para bebida nova – Coeficiente de correlação de Pearson e valor p. ....	92
Tabela 27 - Coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados de maior importância relativa não indicados para descarte – bebida nova.....	94
Tabela 28 - Coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre as médias dos atributos sensoriais e das avaliações físico-químicas.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico do método sequencial de Wald para a seleção de candidatos. ....	26
Figura 2 – Método de Ishihara para teste de visualização de cor. ....	27
Figura 3 - Ficha para teste de recrutamento. ....	29
Figura 4 - Ficha para teste de ordenação. ....	29
Figura 5 - Ficha para teste de descrição de aromas. ....	30
Figura 6 - Ficha para levantamento dos atributos. ....	33
Figura 7 - Exemplo da aplicação do Método Sequencial de Wald na pré-seleção dos provadores. ....	43
Figura 8 - Ficha de análise sensorial de cachaça. ....	48
Figura 9 - Perfil Sensorial das marcas analisadas pela equipe completa. ....	59
Figura 10 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 8 provadores. ....	60
Figura 11 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 6 provadores. ....	61
Figura 12 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 4 provadores. ....	62
Figura 13 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 3 provadores. ....	63
Figura 14 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 2 provadores. ....	64
Figura 15 - Análise de componentes principais para as equipes com 8 provadores - dispersão das amostras. ....	67
Figura 16 - Análise de componentes principais para as equipes com 6 provadores - dispersão das amostras. ....	68
Figura 17 - Análise de componentes principais para as equipes com 4 provadores - dispersão das amostras. ....	69
Figura 18 - Análise de componentes principais para as equipes com 3 provadores - dispersão das amostras. ....	70
Figura 19 - Análise de componentes principais para as equipes com 2 provadores - dispersão das amostras. ....	71
Figura 20 - Dispersão das 9 marcas de bebida envelhecida em relação às duas primeiras variáveis canônicas. ....	80

Figura 21 - Dispersão das 9 marcas de bebida nova em relação às duas primeiras variáveis canônicas.....89

## RESUMO

ARAUJO, Leandro Dias, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Análise sensorial descritiva de cachaça: proposta de um protocolo preliminar para avaliação da qualidade da bebida.** Orientador: José Benício Paes Chaves. Co-orientadores: Valéria Paula Rodrigues Minim e Paulo Henrique Alves da Silva.

A cachaça é uma bebida tradicional brasileira e que, nos últimos anos, ganhou grande importância e valor tanto no mercado interno quanto no externo. Juntamente com a valorização do produto, cresceu a exigência por padronização e qualidade, e, conseqüentemente, levando à necessidade de metodologias para a caracterização sensorial da cachaça que pudessem ser utilizadas dentro das empresas. Desta forma, este trabalho teve o objetivo de propor um protocolo para avaliação da qualidade da bebida, com o levantamento dos atributos sensoriais mais relevantes na caracterização de cachaça e aguardente de cana-de-açúcar, nova e envelhecida, determinando o número mínimo de provadores que possibilite uma avaliação sensorial descritiva confiável da bebida, além de realizar a redução do número de atributos que compõem o perfil sensorial. Também foram realizadas análises da composição química das amostras para avaliar a conformidade com a legislação e realizar análise de correlação entre os valores das determinações químicas e sensoriais. A maior parte das amostras estava dentro dos limites especificados pela legislação brasileira ou tinham pequenos desvios que não afetavam a segurança do consumidor. Uma das amostras foi descartada por conter elevados teores de diversos compostos, inclusive de metanol, considerado um contaminante do produto. Foram levantados 15 atributos descritores das bebidas a partir da avaliação de 21 marcas de diferentes regiões, sendo eles: coloração amarela, oleosidade, aroma alcoólico, aroma de

cana, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de madeira, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico, sabor de madeira, adstringência e pungência. Quatro marcas de cachaça foram avaliadas por 10 provadores treinados e selecionados para a determinação do número mínimo de provadores por equipe. Foram formadas equipes com diferentes números de provadores (8, 6, 4, 3 e 2) e os resultados das avaliações sensoriais foram comparados. De modo geral, os atributos coloração amarela, aroma de madeira, aroma de compostos químicos e sabor de madeira foram os que mais contribuíram para a diferenciação, com formação de grupos de marcas semelhantes nas equipes reduzidas. A análise de componentes principais dos dados apontou para uma maior relação do primeiro componente principal com atributos relacionados ao envelhecimento – coloração amarela, aroma e sabor de madeira, aroma de baunilha e aroma de caramelo – e do segundo componente principal com atributos ligados a produtos novos – aroma alcoólico e aroma de cana. Houve perda da configuração da dispersão das marcas com relação aos dois primeiros componentes principais a partir do nível de 70% de redução (equipes com 3 provadores). As equipes com 8 provadores retiveram, em média, 74,3% dos atributos com efeito da marca significativo na equipe completa, as com 6 provadores 65,7%, as com 4 provadores também 65,7%, as com 3 provadores 51,4% e as com 2 provadores 42,9%, sendo que apenas as equipes com 4, 3 e 2 provadores tiveram retenção superior ao previsto. Os resultados sugerem que equipes com 4 provadores podem ser utilizadas para avaliação sensorial descritiva das bebidas sem perda crítica de informações. Foram avaliadas 18 marcas de cachaça e aguardente de cana-de-açúcar para a determinação da relevância dos atributos na caracterização dos produtos novos e envelhecidos. Na análise por variáveis canônicas para os dados das marcas de cachaça e aguardente envelhecidos, foram considerados de menor importância relativa os atributos aroma alcoólico, aroma de madeira, gosto amargo e adstringência. Para os dados dos produtos sem envelhecimento, os atributos de menor importância relativa foram aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, adstringência e pungência. Não foram observadas muitas correlações entre os valores dos atributos sensoriais e das determinações químicas. Foi proposto um protocolo para a avaliação da qualidade sensorial da aguardente e da cachaça, nova e envelhecida, utilizando a metodologia proposta de

recrutamento e seleção dos provadores para compor a equipe de no mínimo 4 provadores. A ficha de avaliação é composta pelos atributos mais relevantes para cada tipo de bebida.

## ABSTRACT

ARAUJO, Leandro Dias, M.Sc., Federal University of Viçosa, february, 2010. **Descriptive sensory evaluation of sugar cane spirits – preliminary protocol for the quality evaluation.** Advisor: José Benício Paes Chaves. Co-advisors: Valéria Paula Rodrigues Minim and Paulo Henrique Alves da Silva.

Cachaça is a traditional Brazilian sugar cane distilled beverage. It has gained great importance and value in the last years, both nationally and internationally. Together with this valorization, it has also grown the requirement for quality and standardization, and, consequently, leading to the need for a sensory profiling methodology of cachaça that could be used for the quality control departments. Therefore, this work had as objective to propose a sensory quality assessment protocol for cachaça, defining the most relevant sensory descriptors of sugar cane spirits, aged or not, determining the minimum number of panelists to assure a reliable descriptive evaluation of the beverage and to make a reduction on the number of descriptors. Chemical determinations were performed to attest the conformation to the legal standards of the samples and to realize a correlation analysis between the chemical and sensory evaluations. The majority of the samples were in accordance with Brazilian legal standards or had minor deviations that did not affected the consumer safety. One sample was discarded because it had high levels of some compounds. There were defined 15 sensory descriptors through the evaluation of 21 different brands: yellow color, oiliness, alcoholic aroma, sugar cane aroma, vanilla aroma, chemical compounds aroma, wood aroma, caramel aroma, sweet taste, acid taste, bitter taste, alcoholic flavor, wood flavor, astringency and pungency. Four spirit brands were evaluated by ten panelists for the determination of the minimal panel size. Panels with different sizes (8, 6, 4, 3 and 2 panelists/panel) were formed and the sensory evaluation data for each one compared. In general, the descriptors that contributed the most for the differentiation of the brands were yellow color, wood aroma, chemical compounds aroma and wood flavor, forming equivalent brand groups on the reduced panels. The data's principal components analysis indicated a higher relationship between the first component and descriptors related to aged products, such as yellow color,

wood aroma and flavor, vanilla aroma and caramel aroma. The second principal component was mostly related to the descriptor linked to not aged products, such as alcoholic aroma and sugar cane aroma. There was a spatial configuration loss of the brands dispersion related to the two firsts principal components when the panel reducing level was higher than 70%. The panels with 8 panelists could retain, in average, 74,3% of the descriptors having significant treatment effects; the panels with 6 retained 65,7%; the panels with 4 retained 65,7%; the panels with 3 retained 51,4%; and the panels with 2 retained with 42,9%. Only the panels with 4, 3 and 2 panelists were able to retain more information than could be predicted. The results suggest that panels with 4 panelists could be used on the sensory evaluation of sugar cane spirits without a critical loss of information. Eighteen brands of sugar cane spirits were analyzed in order to determine the most relevant descriptors on the characterization of the aged and not aged products. For the aged product, the less important descriptors, according to the canonical variable analysis, were alcoholic aroma, wood aroma, bitter taste and astringency. For the not aged products, the descriptors indicated as the less important were alcoholic aroma, wood aroma, vanilla aroma, astringency and pungency. It was not observed many correlations between the chemical and sensory determinations. A protocol for the sensory evaluation of cachaça was proposed. The presented methodology for the recruitment and selection of assessors was used. According to the results of this work, the evaluation should be done by at least four assessors and, depending on the kind of product, using the most relevant sensory attributes.

## 1. INTRODUÇÃO

A história da cachaça se confunde com a própria história do Brasil. Foi a primeira bebida destilada na América Latina, descoberta entre os anos 1534 e 1549 durante o processo de produção do açúcar. Ali surgia a aguardente de cana genuinamente brasileira, denominada cachaça (ABRABE, 2006)

O Brasil possui capacidade instalada de produção de cachaça de aproximadamente 1,2 bilhão de litros. São mais de 40 mil produtores e mais de 4 mil marcas registradas. As micro e pequenas empresas, com menos de 100 funcionários e receita bruta anual inferior a R\$2.400.000,00, respondem pela grande parte dos produtores. O setor da cachaça é responsável pela geração de mais de 600 mil empregos diretos e indiretos. Os estados brasileiros que mais se destacam na produção da cachaça são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais e Paraíba; e os principais estados consumidores são: São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Ceará, Bahia e Minas Gerais (IBRAC, 2009).

Em 2008, foram exportados 11.092.088 litros (US\$ 16.418.978,00) para, aproximadamente, 60 países, sendo os principais importadores e consumidores a Alemanha, os Estados Unidos, o Paraguai, Portugal e o Uruguai. Este resultado representa um aumento de 18% em valor e 20% em volume em relação às exportações realizadas em 2007. Apesar deste crescimento, o volume exportado corresponde a menos de 1% do volume total produzido no Brasil (IBRAC, 2009).

Apesar da tradição e importância da cachaça, a sua cadeia produtiva no país não é tecnologicamente homogênea, havendo uma busca para o desenvolvimento de tecnologias para aprimorar e controlar a qualidade e a padronização da bebida (MIRANDA, 2005). Estes dois fatores, qualidade e padronização, são essenciais para que a cachaça atinja patamares mais altos no mercado externo e interno. Em ambos os mercados, observa-se um aumento das pressões para a melhoria da qualidade.

No mercado externo percebe-se que as exigências relativas à especificação de produtos e insumos estão substituindo gradativamente as barreiras tarifárias, transformando-se no fator determinante do protecionismo comercial e do ganho de mercado (SEBRAE, 2005). Desta maneira, os produtos que atenderem ou superarem a qualidade exigida terão maiores

chances de conquistar o mercado, e aqueles que não chegarem a esta meta apenas não serão aceitas, sendo retirados do mercado.

Da mesma maneira que no exterior, as exigências de qualidade se tornam mais intensas também no mercado interno, tanto dos produtores quanto dos consumidores. Os produtores buscam melhores equipamentos e serviços, enquanto os consumidores buscam por produtos que traduzam sua expectativa de satisfação, qualidade e status, determinando sua escolha.

Em pesquisas científicas sobre cachaça, encontram-se estudos de composição química e testes sensoriais de aceitação, porém são poucos os trabalhos mais completos de avaliação do perfil sensorial do produto. Dentre estes, podemos citar os trabalhos desenvolvidos na Universidade Estadual Paulista (MAÇATELLI, 2006; CARDELLO e FARIA, 1999; CARDELLO e FARIA, 1998), Universidade Estadual de Campinas (JANZANTTI, 2004) e Universidade Federal de Viçosa (YOKOTA et al., 2003; YOKOTA, 2002; YOKOTA, 2005; CARNEIRO, 2005; CARVALHO, 2001).

Nos estudos realizados até o momento, não se buscou adequar uma metodologia que fornecesse dados comparáveis; os dados são únicos de cada experimento e não há relação entre eles. Ainda, os estudos são focados em grupos específicos da bebida, sendo que os atributos levantados muitas vezes se aplicam somente a eles. Assim, faz-se necessária a elaboração de uma metodologia sensorial padronizada para treinamento, formação e validação de equipe de provadores, como também uma metodologia padronizada para caracterização da cachaça e aguardente que possa ser utilizada nas atividades de pesquisa e de controle nas indústrias.

Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de propor um protocolo para avaliação da qualidade da bebida, com o levantamento dos atributos sensoriais mais relevantes na caracterização de cachaça e aguardente de cana-de-açúcar, nova e envelhecida, determinando o número mínimo de provadores que possibilite uma avaliação sensorial descritiva confiável da bebida, além de realizar a redução do número de atributos que compõem o perfil sensorial. Também foram realizadas análises da composição química das amostras para avaliar a conformidade com a legislação e realizar análise de correlação entre os valores das determinações químicas e sensoriais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Legislação**

A lei nº 8918, de 14 de julho de 1994, dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas em geral. Ela estabelece a obrigatoriedade do registro, da padronização, da classificação, da inspeção e da fiscalização da produção e do comércio de bebidas, sendo que estas atividades, com relação aos seus aspectos tecnológicos, competem ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A inspeção e a fiscalização de bebidas, nos seus aspectos bromatológicos e sanitários, são da competência do Sistema Único de Saúde (SUS), por intermédio de seus órgãos específicos (BRASIL, 1994).

O decreto nº 6871, de 4 de junho de 2009, regulamenta a lei nº 8918 e contém as disposições específicas referentes à classificação, padronização, rotulagem, análise de produtos, matérias-primas, inspeção e fiscalização de equipamentos, instalações e condições higiênico-sanitárias dos estabelecimentos industriais, artesanais e caseiros, assim como a inspeção da produção e a fiscalização do comércio de que trata esta lei (BRASIL, 2009).

O Art. 52 do decreto nº 6871 define: “aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% a 54% (v/v), a 20°C, obtida de destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro, expressos em sacarose” (BRASIL, 2009).

O Art. 53 do mesmo decreto define: “cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% (v/v), a 20°C, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro”. Em seu § 1º fica determinado que “a cachaça que contiver açúcares em quantidade superior a seis gramas por litro e inferior a trinta gramas por litro será denominada de cachaça adoçada”. E em seu § 2º fica determinado que “será denominada de cachaça envelhecida a bebida que contiver, no mínimo, cinquenta por cento de aguardente de cana envelhecida por período não inferior a um ano, podendo ser adicionada de caramelo para a correção da cor” (BRASIL, 2009).

Minas Gerais, pela sua tradição na produção de cachaça, deu um grande passo ao publicar o decreto 42.644, em 05 de junho de 2002, regulamentando lei específica para determinar o padrão de identidade e as características do processo de elaboração da Cachaça Artesanal de Minas. No item I de seu Artigo 1º, o referido Decreto descreve: “*Cachaça Artesanal de Minas*: bebida fermento-destilada com graduação alcoólica de 38% a 54% v/v (volume por volume), à temperatura de 20 °C (vinte graus Celsius), produzida no Estado e, fabricada em safras anuais, a partir de matéria-prima básica ou transformada; processada de acordo com as características históricas e culturais de cada uma das regiões de Minas e, elaborada e engarrafada na origem, obedecido ao disposto neste Decreto e na legislação federal pertinente” (MINAS GERAIS, 2002).

Quanto à maturação e ao envelhecimento, o Artigo 70 do mesmo decreto estabelece: a *Cachaça Artesanal de Minas* apresentará cinco tipos diferentes designativos da elaboração do produto final, os quais devem constar obrigatoriamente no rótulo de comercialização, assim denominados (MINAS GERAIS, 2002):

I – **NOVA** – a bebida engarrafada logo após sua extração;

II – **DESCANSADA** – a bebida mantida em descanso em tonel ou barril de madeira por um período mínimo de seis meses;

III – **ENVELHECIDA** – a bebida submetida a processo de envelhecimento em tonel ou barril de madeira, por um período mínimo de 18 (dezoito) meses;

IV – **MATIZADA** – a bebida resultante da harmonização de um mínimo de 50% (cinquenta por cento) de cachaça “envelhecida” com cachaça “nova” ou “descansada”;

V – **RESERVA ESPECIAL** – a bebida resultante do processo de envelhecimento mínimo de 36 (trinta e seis) meses em tonel ou barril de madeira.

Em âmbito nacional, os padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e cachaça são fixados pela Instrução Normativa nº 13, de 30 de julho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que sofreu modificações posteriores pela Instrução Normativa nº 58, de 19 de dezembro de 2007, e pela Instrução Normativa nº 27, de 15 de maio de 2008. A Instrução Normativa nº 13 regulamenta a composição química do produto, bem como aponta os contaminantes e seus teores permitidos, proíbe a utilização de

qualquer substância para alteração das características sensoriais do produto, define as classes de recipientes que podem ser utilizados para o armazenamento, regulamenta a rotulagem e classifica a bebida com relação ao tempo de envelhecimento (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2007; BRASIL, 2008).

## **2.2. Avaliação sensorial de cachaça**

A literatura sobre a qualidade sensorial de cachaça é escassa (CARDELLO e FARIA, 1998; YOKOTA, 2002), porém, as crescentes exigências do mercado têm feito crescer a preocupação com a qualidade dessa bebida.

ISIQUE et al. (1998) considerando as indesejáveis características sensoriais dos compostos sulfurados e o papel negativo que podem representar na qualidade sensorial das aguardentes, realizaram um estudo para verificar uma possível correlação entre os teores de enxofre presentes em amostras de aguardentes de cana e sua qualidade sensorial. Desta forma, foram determinados os teores de enxofre de sete amostras de aguardentes de cana, sendo quatro adquiridas e três obtidas em laboratório, utilizando-se alambiques de cobre, de aço inoxidável e de alumínio. As amostras produzidas utilizando o aço inox e o alumínio como materiais para construção do alambique tinham teores de enxofre muito acima das produzidas em alambique de cobre. As amostras foram submetidas a testes de aceitação quanto ao aroma, sabor e impressão global realizados por uma equipe de 30 provadores, em cabines individuais, utilizando-se escala hedônica de nove centímetros. Os resultados revelaram haver correlação negativa significativa ( $p < 0,05$ ) entre os teores de enxofre e a aceitação das amostras de aguardentes, em relação a todas as características avaliadas, ressaltando o papel negativo representado pelos compostos sulfurados presentes nas aguardentes de cana.

CARDELLO e FARIA (1998) analisaram amostras de aguardente envelhecidas por 0, 12, 24, 36 e 48 meses em tonel de carvalho e duas amostras comerciais, sendo uma delas envelhecida. Dezesesseis provadores pré-selecionados por testes triangulares e análise seqüencial de Wald geraram, pelo método rede (Kelly's Repertory Grid Method), os termos descritores das aguardentes. As amostras foram apresentadas e avaliadas por 10 provadores treinados, em cabines individuais, de forma monádica com quatro repetições, sendo os dados analisados por análise de variância, teste hsd de Tukey e

análise de componentes principais. Os termos descritores escolhidos em consenso pelos provadores foram: coloração amarela, aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, doçura inicial, doçura residual, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, sabor agressivo e adstringente e gosto ácido. Os resultados revelaram alterações significativas ( $p < 0,05$ ) das características sensoriais da aguardente ao longo do envelhecimento. Após 48 meses em tonel de carvalho, a bebida apresentou aroma de madeira, doçura inicial e residual, aroma de baunilha, coloração amarela, sabores inicial e residual de madeira pronunciados, sendo os descritores aroma alcoólico, agressividade, sabor inicial e residual de álcool significativamente inferiores aos das demais amostras.

CARVALHO (2001) realizou estudo sensorial descritivo de aguardente de cana durante seu envelhecimento por um ano em tonéis de 30 litros de angelim, jequitibá e carvalho e avaliou a aceitação dos consumidores por estas amostras, apresentando os resultados pela técnica de Mapa de Preferência Interno. Foram levantados e quantificados 15 termos descritores: viscosidade, cor amarela, cor marrom, aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de melão de cana, gosto amargo, gosto ácido, gosto doce, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira, sabor de melão, sabor adstringente e sabor agressivo. A bebida envelhecida apresentou decréscimo da intensidade do aroma e sabor de melão nos quatro primeiros meses de estocagem e intensidade zero após 4 meses de envelhecimento, devido, provavelmente, à incorporação de extratos de madeira que conferem aroma e sabor de madeira na aguardente. Ainda, a madeira angelim apresentou coloração marrom com o envelhecimento, diferenciando-se das demais, que apresentaram coloração amarela.

YOKOTA (2002) quantificou 14 atributos sensoriais em cachaças comerciais envelhecidas por 24 meses em barril de carvalho e tonéis de algumas madeiras brasileiras. Constatou-se que as amostras envelhecidas em barril de carvalho e tonéis de Angelim e canela de mesma marca apresentavam características semelhantes. As amostras bálsamo e amburana de mesma marca agruparam-se em relação ao primeiro componente principal, diferindo em relação ao segundo componente principal.

YOKOTA et al. (2003) quantificaram 14 atributos sensoriais em amostras de cachaça orgânica e convencional, a saber: aroma alcoólico, aroma de

madeira, aroma de baunilha, aroma de ervas aromáticas, gosto doce, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, adstringência, gosto amargo, gosto ácido, coloração amarela e viscosidade. As amostras não diferiram ( $p > 0,05$ ) em relação aos atributos aroma alcoólico, aroma de ervas aromáticas, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual e gosto amargo (independente de serem de origem orgânica e convencional). A amostra orgânica envelhecida por 24 meses em barril de carvalho apresentou maior intensidade de aroma de baunilha. A amostra orgânica estocada em garapeira e a orgânica envelhecida em carvalho apresentaram menor intensidade de aroma de madeira.

JANZANTTI (2004) correlacionou dados sensoriais e instrumentais visando apontar os possíveis compostos voláteis que possam ser responsáveis pela qualidade da cachaça. Foi realizada análise de aceitação de 13 cachaças comerciais em Campinas por trinta consumidores familiarizados com a bebida. Em relação ao sabor, as cachaças 2, 4, 6, 7, 8 e 13 foram as de maior aceitação, e diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) da cachaça 9, de menor aceitação, sendo que as demais, não diferiram significativamente das amostras mais e menos aceitas. Na avaliação da impressão global, as cachaças 2 (mais aceita) e 9 (menos aceita) diferiram significativamente entre si. A seguir, foi realizada a Análise Descritiva Quantitativa de quatro amostras (2, 3, 6 e 9) por uma equipe de 9 provadores selecionados e treinados. Os resultados demonstraram que a cachaça 2 (mais aceita) apresentou maior intensidade dos atributos aroma adocicado, ardência inicial, sabor e gosto adocicado enquanto a cachaça 9 (menos aceita) apresentou maior intensidade dos atributos ardência final, aroma irritante e gosto amargo. A autora concluiu também por meio da análise de correlação que a aceitação das cachaças em relação ao aroma parece estar relacionada principalmente à presença de lactonas e alguns terpenos, enquanto a baixa aceitação em relação ao sabor, à presença de fenóis, principalmente 4-vinilfenol e 4-vinilguaiaicol.

YOKOTA (2005) realizou um trabalho com o objetivo de quantificar sensorialmente os atributos frequentemente percebidos pelos consumidores de cachaça envelhecida e determinar o número mínimo de provadores treinados que possibilitem uma avaliação sensorial descritiva confiável para a indústria da cachaça. Foi realizada uma Análise Descritiva Quantitativa de cachaça envelhecida por períodos entre 18 e 24 meses em tonéis de carvalho,

amburana, jequitibá e angelim. Utilizou-se 13 atributos sensoriais para a caracterização do perfil das bebidas: aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, adstringência, coloração amarela e viscosidade. Por Análise de Componentes Principais (ACP), foi observado que os dois primeiros componentes principais explicam 93,67% – 79,06% pelo primeiro componente principal (CP1) e 14,61% pelo segundo componente principal (CP2) – das variações entre as amostras em relação a seus atributos sensoriais. Por análise de correlação de Pearson constatou-se correlação significativa de aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, coloração amarela e viscosidade em relação ao CP1.

Nesse mesmo estudo, avaliou-se a eficiência dos resultados obtidos com a diminuição do número de provadores na equipe de análise sensorial descritiva das 14 amostras de cachaça envelhecida. Foi realizada análise de variância (ANOVA) e teste de Duncan a 5% de probabilidade, além do agrupamento das amostras e a explicação das variáveis por ACP, levando-se em consideração os dois primeiros componentes principais. Foram avaliados os conjuntos de resultados com os escores de 8, 6, 4 e 3 provadores com os 13 atributos sensoriais. Para a avaliação com 6 provadores, obteve-se 93,74% (91,0% por CP1 e 2,74% por CP2) de explicação das variações entre as amostras em relação a seus atributos sensoriais. Para 4 provadores houve 92,52% (89,11% por CP1 e 3,41% por CP2) e para 3 provadores houve 91,60% (86,56% por CP1 e 5,04% por CP2). Os grupos variaram mais para a equipe de 3 provadores. Os atributos que se correlacionavam positivamente com a descrição sensorial das amostras se mantiveram constantes, sendo aroma de madeira, aroma de baunilha, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual, adstringência, coloração amarela e viscosidade. O atributo que se correlacionou negativamente com os outros atributos foi aroma alcoólico. Em sua conclusão, o estudo considera ser três o número mínimo de provadores para uma equipe treinada que pode ser estudada para posterior utilização na indústria da cachaça para realização de análises descritivas sensoriais confiáveis.

### **2.3. Avaliação do desempenho de equipes sensoriais**

A análise sensorial de alimentos permite o estudo de suas propriedades pelo uso dos sentidos humanos como meio de medição. Tem grande importância em diversas áreas, melhorando a qualidade de produtos por meio de processos de desenvolvimento, descrevendo as propriedades sensoriais de alimentos e bebidas, e comparando produtos de diferentes competidores.

A caracterização sensorial e avaliação da qualidade de um produto são tradicionalmente realizadas por equipes sensoriais treinadas. Os provadores, membros da equipe, são treinados para fornecer resultados similares, porém, na maior parte dos casos, observa-se diferenças claras em suas avaliações. Essas diferenças podem ser atribuídas a divergências no modo de uso da escala ou na sensibilidade a algum atributo. Variações aleatórias ou erros são usualmente fontes importantes para as variações individuais observadas. De modo a assegurar um desempenho satisfatório da equipe, é de grande importância estudar as variações não-aleatórias entre os provadores e conduzir ações corretivas para remover tal variação. Este fato implica na avaliação da repetibilidade e de como cada provador realiza a análise comparado a outro provador da equipe (TOMIC et al., 2007).

Diferentes métodos foram propostos para o estudo do desempenho de equipes de provadores treinados. ROSSI (2001) sugeriu o uso de medidas de repetibilidade e reprodutibilidade para o estudo da habilidade de cada provador em avaliar o mesmo produto consistentemente para um dado atributo, e a habilidade de cada provador em avaliar os produtos, na média, de acordo com a equipe. Outros autores propuseram metodologias mais elaboradas baseadas em análises univariadas e multivariadas com representações gráficas e tabulares dos resultados. Dentre esses métodos, a análise de variância foi recomendada pelos mesmos autores para o estudo da confiabilidade de equipes treinadas (LATREILLE, 2006).

BI (2003) estudou a confiabilidade de uma equipe de provadores pelo uso de dois indicadores: um indicador de concordância, descrevendo um consenso das medidas para um mesmo produto; e um indicador de confiabilidade, examinando a habilidade de discriminação da equipe.

TOMIC et al. (2007) reuniu vários métodos gráficos para fornecer uma visão mais global do desempenho de equipes sensoriais e dos provadores

individualmente. Métodos gráficos podem prover um caminho rápido e efetivo para visualizar o desempenho da equipe de um modo simples e compreensivo.

Um método baseado na análise de variância com efeitos mistos foi desenvolvido por BROCKHOFF (2003). Este método fornece indicadores de variabilidade, escalonamento individual, discordância e sensibilidade que podem ser utilizados para uma tabulação, plotagem e análise estatística. O autor utiliza o método da máxima verossimilhança com a utilização do software SAS<sup>®</sup>, pelo procedimento GLM, com o objetivo de criar um macro do software chamado PANMODEL e, assim, estudar diferentes modelos mistos.

LATREILLE et al. (2006) propuseram uma metodologia para a avaliação da confiabilidade de uma equipe de provadores após um número de sessões, de acordo com o desempenho global da equipe e individual de cada provador em termos de capacidade discriminatória, repetibilidade, severidade ou falta de exatidão (efeito do provador), e concordância ou discordância com a equipe (interação produto x provador). O método foi baseado em modelos lineares mistos com a utilização do procedimento MIXED do software SAS<sup>®</sup>.

A metodologia com modelos mistos é usualmente utilizada quando uma variável é analisada por um mesmo indivíduo várias vezes, repetidamente com o tempo, ou sob várias condições experimentais. Este método permite testar o efeito do produto, levando em consideração tanto as variações dentro e entre provadores e, em particular, a correlação entre as medidas feitas pelo mesmo provador em várias sessões (LATREILLE et al., 2006). Neste caso, o efeito dos provadores no modelo é considerado aleatório, assim como os efeitos da sessão e das interações. O efeito do produto é considerado fixo, configurando assim o modelo misto.

De acordo com princípios da Análise Descritiva Quantitativa, a análise de dados de um perfil sensorial é focada na média ou na percepção mais frequente encontrada para cada produto. Esta percepção média é considerada como uma informação objetiva sobre os produtos, em volta da qual diferenças entre provadores (psicológicas, fisiológicas, modo de uso da escala) e entre replicatas geram uma variabilidade na medida. Então, de modo a tornar esta ferramenta operacional, a análise dos dados deve levar a um quadro nítido (mostrando as diferenças entre os produtos tão distintamente quanto possível) e robusto (com relação à variabilidade do provador) do produto. Desta forma, MONROZIER e DANZART (2001) desenvolveram critérios de qualidade para a

medida da nitidez e robustez de vários métodos fatoriais baseados em técnicas ampliadas de validação cruzada e de re-amostragem, com o objetivo de avaliar, respectivamente, o impacto de cada provador e o impacto da composição da equipe no perfil do produto.

#### **2.4. Análise estatística multivariada em análise sensorial**

A aplicação de técnicas de análise multivariada, tais como análise de fatores, análise de cluster, análises discriminantes, análise de componentes principais e análise por variáveis canônicas, para a redução de dados e problemas de classificação em análise sensorial tem sido de interesse em muito trabalhos (ENNIS, 1988; POWERS, 1988; RENCHER, 2002; YOKOTA, 2005; CARNEIRO, 2005).

As análises multivariadas consistem em uma coleção de métodos que podem ser utilizados quando é feita a análise de muitas variáveis em uma mesma unidade experimental (RENCHE, 2002). Essas técnicas são importantes na visualização da estrutura de dados multivariados complexos e tem fornecido pistas relacionadas às interações físico-químicas e perceptivas de alimentos, bebidas, odorantes e saborizantes (ENNIS, 1988).

Historicamente, a maior parte das aplicações de técnicas multivariadas tem sido nas ciências biológicas e do comportamento. Entretanto, o interesse por estes métodos se espalhou para várias outras áreas de investigação (RENCHE, 2002).

O desenvolvimento de métodos de caracterização sensorial quantitativa chamou atenção para a necessidade da utilização de análises estatísticas multivariadas. Estes métodos podem tomar diferentes formas: perfil de sabor, perfil de textura, análise descritiva quantitativa e espectro sensorial, dentre outros. Aplicações da análise multivariada são feitas principalmente para a análise dos resultados dos testes, porém podem ser utilizadas também para auxiliar no treinamento e seleção de provadores (POWERS, 1988).

Por algum tempo alguns cientistas evitaram o uso de métodos de análise multivariada, pois consideravam não haver vantagens em relação ao uso de análises univariadas. A escolha não deve ser feita entre dois caminhos alternativos, mas pelo conhecimento da situação em que se deve utilizar cada uma das técnicas. Na prática e em conceitos fundamentais, as análises

univariadas e multivariadas têm várias características em comum. Empregadas juntas, elas permitem uma melhor visão a ser obtida que de cada uma separadamente, não apenas para o significado e significância dos resultados, mas também ao processo em curso no treinamento e seleção de provedores (POWERS, 1988).

## 2.5. Análise de componentes principais

Na análise de componentes principais (ACP) procura-se maximizar a variância de uma combinação linear de variáveis. Essencialmente, a ACP é uma técnica mono-amostral (*one-sample technique*) aplicada a dados sem agrupamento entre as observações e sem particionamento das variáveis em subgrupos. Desta forma, a análise considera apenas a estrutura central de uma amostra única de observações em  $n$  variáveis. Nenhuma destas variáveis é designada como dependente, e nenhum agrupamento de observações é assumido (RENCHEER, 2002).

O primeiro componente principal é a combinação linear com máxima variância; procura-se por uma dimensão na qual as observações são separadas ou distribuídas de forma máxima. O segundo componente principal é a combinação linear com máxima variância na direção ortogonal ao primeiro componente principal, e assim por diante.

A ACP é associada à ideia de redução da massa de dados. Procura-se redistribuir a variação observada nas variáveis (eixos originais) de forma a obter um conjunto de eixos não correlacionados (CARNEIRO, 2005; JOHNSON e WICHERN, 2007). Embora  $p$  componentes sejam necessários para reproduzir a variabilidade total do sistema, muitas vezes uma grande parte desta variabilidade pode ser representada por um pequeno número de  $k$  componentes principais. Em caso afirmativo, há, geralmente, tanta informação nos  $k$  componentes principais quanto nas  $p$  variáveis originais. Desta forma, os  $k$  componentes principais podem substituir as  $p$  variáveis iniciais (JOHNSON e WICHERN, 2007).

Considerando uma situação na qual se observam as variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , o objetivo é transformar o conjunto de variáveis, que apresenta uma estrutura de interdependência complicada, em um conjunto de variáveis  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$ , que sejam não correlacionadas e suas variâncias ordenadas para que

seja possível comparar os indivíduos usando apenas aquelas que apresentam maior variância (YOKOTA, 2005).

A importância que cada variável exerce sobre o componente principal é dada pela correlação entre cada variável resposta  $X_n$  e o componente  $Y_n$ , que está sendo interpretado (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2009).

A viabilidade da utilização desta técnica dependerá da possibilidade de reduzir o número de variáveis estudadas em poucos componentes principais, com a menor perda de informação possível. Assim, é permitido descartar variáveis que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado e agrupar os tratamentos similares, mediante exames visuais em dispersões gráficas (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2009).

## 2.6. Análise por variáveis canônicas

A técnica da análise por variáveis canônicas possui as mesmas finalidades apresentadas pelos componentes principais, permitindo a simplificação no conjunto de dados pela redução da dimensão. Entretanto, sua utilização apresenta a vantagem de considerar as variâncias e covariâncias residuais entre os dados (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2009). Desta forma, considera-se, de forma geral, que a análise de variáveis canônicas constitui-se em um procedimento alternativo à análise de componentes principais nas situações em que se dispõe de dados experimentais com informações de repetições, de modo que seja possível obter as médias e a matriz de dispersão (matriz de variâncias e covariâncias) residual entre os dados (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

A análise é realizada a partir das observações das  $p$  variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$  em  $n$  tratamentos. São estimados os escores médios (médias canônicas) por tratamento, para as primeiras variáveis canônicas, dados por:

$$CAN1 = a_{11} * X_1 + a_{12} * X_2 + \dots + a_{1p} * X_p$$

$$CAN2 = a_{21} * X_1 + a_{22} * X_2 + \dots + a_{2p} * X_p$$

Estes valores dispostos em um gráfico de dispersão permitem o agrupamento de tratamentos similares e a interpretação dos resultados (CARNEIRO, 2005).

Na análise por variáveis canônicas pode-se adotar o critério de avaliação

da importância das variáveis resposta a partir dos coeficientes de ponderação associados às variáveis padronizadas. Para o primeiro autovetor, tem-se:

$$c_{1w} = a_{1w}^* \sqrt{S_w^2}, \text{ em que:}$$

$$c'_{1w} = [c_{11} c_{12} \dots c_{1p}];$$

$$S_w^2 = \text{quadrado médio do resíduo associado à variável resposta } X_w$$

O valor padronizado  $x_{iw}$  do tratamento  $i$  referente à variável resposta  $X_w$  é obtido por:

$$x_{iw} = \frac{X_{iw}}{\sqrt{S_w^2}}.$$

Identificam-se as variáveis respostas de menor importância relativa para a discriminação entre os tratamentos como sendo aqueles cujos coeficientes de ponderação, associados às variáveis padronizadas, são de maiores magnitudes, em valores absolutos, nas últimas variáveis canônicas (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2009).

Baseado no princípio que a importância ou variância das variáveis canônicas decresce da primeira para a última, tem-se que as últimas variáveis canônicas são responsáveis pela explicação de uma fração muito pequena da variância total. Assim, a variável  $X_n$  que domina, ou seja, aquela que possui maior coeficiente de ponderação, em valor absoluto, na variável canônica de menor autovalor – menor variância – deve ser a menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. A razão é que variáveis com maior coeficiente, em valor absoluto, nas variáveis canônicas de menor variância, representam variação praticamente insignificante (REGAZZI, 2006).

## 2.7. Compostos voláteis de importância em cachaça

Os compostos voláteis presentes na cachaça são os compostos secundários formados na fermentação alcoólica do mosto ou durante alguma etapa do processo de fabricação. A natureza e proporção desses compostos são determinadas, em diferentes níveis, pelas características da matéria-prima, da fermentação, da destilação e do envelhecimento. Os principais compostos secundários formados durante a fermentação alcoólica pertencem às classes

funcionais dos ácidos, ésteres, aldeídos e álcoois, e em proporções menores formam-se também cetonas, compostos fenólicos aminas e mercaptanas (MIRANDA, 2005).

A cachaça é, basicamente, uma solução de etanol em água. Estes são os dois compostos majoritários. O que diferencia os produtos são as pequenas concentrações dos compostos secundários, sendo que os álcoois superiores, principalmente o isoamílico, isobutílico e o n-propílico, e os ésteres, principalmente o acetato de etila, contribuem mais significativamente para o aroma e sabor. Um resumo dos principais compostos voláteis comumente presentes na cachaça, com suas características físico-químicas e sensoriais é apresentado na Tabela 1.

### **2.7.1. Aldeídos**

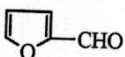
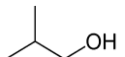
Os aldeídos tem um limiar de detecção muito baixo e tendem a ser considerados como defeitos do aroma.

Os aldeídos podem ser formados através da oxidação de álcoois, degradação oxidativa de Strecker de aminoácidos e autooxidação de ácidos graxos insaturados durante a fermentação e o envelhecimento da bebida. Quando são produtos intermediários da rota biossintética de álcoois superiores, são formados por descarboxilação de  $\alpha$ -cetoácidos pela ação da enzima piruvato descarboxilase. O acetaldeído pode ser também formado durante a destilação por oxidação do etanol (JAZANTTI, 2004). Como produto intermediário da síntese de álcoois superiores, as condições que favorecem a produção destes álcoois também favorece a produção de pequenas quantidades de aldeídos. Estes podem ser excretados, mas podem ser reabsorvidos e reduzidos pelas leveduras a seu álcool correspondente durante os últimos estágios da fermentação (BERRY, 1995).

Acetaldeído e outros aldeídos (fórmico, butírico, isobutírico, valérico, e capróico) têm sido encontrados nas bebidas destiladas, sendo o acetaldeído usualmente o composto predominante, que representa mais de 90% da concentração total dos aldeídos em bebidas. O acetaldeído possui odor pungente e pode aumentar o sabor picante das bebidas (JAZANTTI, 2004).

O acetaldeído (etanal, aldeído acético) é um aldeído presente

Tabela 1 - Compostos Voláteis encontrados na cachaça e suas características

Composto	Fórmula	Aparência	Solubilidade	Ponto de Ebulição	Limiar de detecção	Atributos Sensoriais
Acetaldeído	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}$	Líquido incolor	Miscível em água, álcool e solventes orgânicos	21 °C	27 a 380 ppb	Pungente, penetrante, odor etéreo. Relacionado a aromas frutados.
Ácido Acético	$\text{CH}_3-\text{COOH}$	Líquido incolor límpido	Miscível em água, glicerina e álcool	118 °C	60 ppm	Aroma e sabor característicos de vinagre.
Acetoina	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{C}}}-\overset{\text{H}}{\text{C}}-\text{CH}_3$	Líquido amarelado	Miscível em água, propilenoglicol e álcool, imiscível em óleos vegetais	148 °C	100 ppm	Gosto característico de produtos lácteos: creme, iogurte, manteiga, leite.
Acetato de Etila	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Líquido incolor	Pouco solúvel em etanol, éter, glicol, óleos voláteis e não-voláteis; solúvel em água	77 °C	100 ppm	Etéreo, frutado, doce com nuances de uva e cereja. Nauseante em altas concentrações.
Álcool Etilico	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	Líquido límpido incolor e "móvel"	Solúvel em água	78 °C	8 a 900 ppb	Odor característico e gosto adocicado. Provoca sensação de calor.
Furfural		Líquido incolor a amarelo; se torna marrom avermelhado com estoque prolongado	Pouco solúvel em água; solúvel em álcool	162 °C	30 ppm	Tostado, doce, madeira, pão, amêndoa, caramelado.
Glicerol	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{OH} \\   \\ \text{CH}-\text{OH} \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$	Líquido límpido, incolor, espesso	Miscível em água e álcool; insolúvel em clorofórmio, éter, óleos voláteis e não voláteis	290 °C	> 20000 ppm	Odor característico fraco, não desagradável.
Álcool Isoamílico	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	Líquido incolor a amarelo palha	Miscível em álcool	130 °C	250 ppb a 4 ppm	Odor pungente característico de uísque e sabor repulsivo.
Álcool n-Propílico	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Líquido incolor	Miscível em água e álcool	97 °C	600 a 6300 ppm	Odor alcoólico e sabor característico de frutas maduras.
Álcool Isobutílico *		Líquido incolor	Miscível em água, álcool, éter, acetona e tolueno	108 °C	7000 ppb	Odor semelhante ao Isoamílico, porém menos acentuado.

Fonte: BURDOCK, 2002.

naturalmente em diversas fontes como nas folhas de tabaco, no aroma de frutas como: pêra, maçã, morango, abacaxi; no óleo essencial de magnólia, alecrim, bálsamo, cânfora, mostarda. Em bebidas é formado durante o processo fermentativo (BURDOCK, 2002).

O acetaldeído provém da descarboxilação do piruvato (MAMEDE, 2004). Sua formação durante a fermentação alcoólica depende da linhagem da levedura, do pH, de substâncias nitrogenadas, da temperatura de fermentação e, principalmente, da quantidade de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) adicionado ao mosto (FICAGNA, 2005). No caso da produção de cachaça, não é prática comum a adição de dióxido de enxofre ao meio.

### **2.7.2. Ésteres**

Os ésteres constituem uma classe majoritária dos compostos de aroma em bebidas alcoólicas. Eles são produzidos pelas leveduras durante a fermentação em uma reação entre álcoois, produzidos durante a fermentação alcoólica, e moléculas de Acil-CoA, que são intermediários chave na produção de ácidos orgânicos (BERRY, 1995).

O acetato de etila é o éster formado pelas leveduras em maior quantidade durante fermentações alcoólicas. As mais elevadas concentrações de acetato de etila são obtidas por *Hansenula* e *Pichia* e os mais baixos níveis são produzidos com *S. cerevisiae*. O acetato de etila é formado em condições aeróbicas e não é derivada da ação da estearase do ácido acético e do álcool etílico. Sua formação se dá por outro mecanismo. Já foram obtidas evidências do envolvimento da Acetil Coenzima A (Acetil-CoA) na formação do acetato de etila (FICAGNA, 2005).

O acetato de etila corresponde à cerca de 80% do conteúdo total de ésteres da aguardente de cana. Teor elevado deste éster participa de forma negativa na qualidade do mesmo, sendo que é um componente característico da “cabeça” do destilado (FICAGNA, 2005).

### **2.7.3. Metanol**

O metanol é um álcool considerado como um contaminante na cachaça e, por isto, sua presença é indesejável. Toleram-se um limite de no máximo 20,0 miligramas por 100 mililitros de álcool anidro, pela legislação brasileira em vigor (BRASIL, 2005).

O metanol não é proveniente da atividade do metabolismo de *S. cerevisiae*, mas da atividade de enzimas pécnicas. A pectinesterase cataliza a desesterificação do metil éster do polímero do ácido poligalacturônico para formar ácido péctico, metanol e íons hidrogênio (FICAGNA, 2005).

No organismo, o metanol é oxidado a ácido fórmico e posteriormente a CO<sub>2</sub>, provocando uma acidose grave (diminuição do pH sanguíneo), afetando o sistema respiratório, podendo levar ao coma e até mesmo à morte. A ingestão de metanol, mesmo em quantidades reduzidas, em longos períodos de consumo, pode ocasionar cegueira e a morte (CARDOSO et al., 1999).

### **2.7.4. Álcoois Superiores**

Durante a fermentação alcoólica, as leveduras produzem, além do etanol, outros álcoois com mais de dois carbonos em sua cadeia, os chamados álcoois superiores ou óleo fúsel. Os álcoois superiores de interesse na cachaça e que devem ser quantificados são os álcoois: isoamílico (soma dos álcoois 2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol), isobutílico (2-metil-1-propanol) e do n-propílico (1-propanol). O limite máximo da soma das concentrações destes álcoois é de 360 miligramas por 100 mililitros de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Em geral, condições que favorecem uma maior taxa de crescimento das leveduras tendem a estimular uma maior produção de álcoois superiores, uma vez que estes álcoois são produzidos a partir do esqueleto carbônico de aminoácidos. As condições incluem temperatura elevada, altos níveis de inóculo, aeração do meio e substituição de açúcares como maltose por glicose (BERRY, 1995).

Eles são formados a partir do desvio do metabolismo dos aminoácidos pelas leveduras, ocasião em que cetoácido envolvido é descarboxilado a aldeído, com posterior redução a álcool superior. Com o aumento do número de carbonos, o aroma modifica-se substancialmente e os álcoois tornam-se

oleosos; alguns deles lembram fortemente aroma de flores (CARDOSO et al., 1999).

### **2.7.5. Ácidos orgânicos**

Alguns ácidos orgânicos excretados no meio de fermentação são derivados de rotas metabólicas intermediárias, como por exemplo o acético, málico e succínico, contudo, a maior parte dos ácidos graxos de cadeia longa é derivada da via biossintética dos ácidos graxos. O ácido acético, o ácido orgânico predominantemente excretado no meio de crescimento, é produzido pela oxidação do acetaldeído, com remoção de hidrogênio, na reação oposta à redução normal do acetaldeído a etanol (BERRY, 1995).

Como ocorre para as outras classes químicas, os ácidos orgânicos, do ponto de vista qualitativo, não variam nas diferentes bebidas, apesar de haver uma grande variação na sua proporção relativa. As proporções dos ácidos nas bebidas alcoólicas são determinadas em grande extensão pela linhagem da levedura e condições de fermentação e, em menor extensão, pelo substrato utilizado (JAZANTTI, 2004).

A acidez volátil na cachaça é expressa em concentração de ácido acético, que é o ácido volátil predominante. Usualmente uma grande concentração de ácido acético é consequência de má condição do mosto fermentado, tendo havido contaminação por bactérias acéticas que metabolizam o etanol produzindo o ácido. Também a condução da destilação pode acarretar cachaça com acidez elevada e o reflexo natural é de um produto final de pouca qualidade (MIRANDA, 2005). A taxa de produção do ácido acético também pode ser aumentada, por exemplo, pela adição de uma base ao meio de fermentação, o que tende a estimular a levedura a produzir o ácido para ajustar o pH para uma condição mais favorável (BERRY, 1995).

A legislação vigente no país hoje impõe um limite máximo de 150 miligramas de ácido acético por 100 mililitros de álcool anidro (BRASIL, 2005). Este limite é alto e gera discussões entre os técnicos envolvidos na área. Entretanto, na legislação esses teores são mantidos elevados não visando salvaguardar a cachaça recém destilada de má qualidade, mas certamente a envelhecida cujo teor aumenta com o tempo de envelhecimento em função da oxidação de etanol com formação de ácido acético e acetaldeído. Desse modo,

uma cachaça de baixa acidez inicial pode revelar seu grau de maturação pelo aumento da acidez volátil que, todavia, não desqualifica o produto no aspecto sensorial pelo conjunto agradável que forma com outros componentes (MIRANDA, 2005).

## **2.8. Protocolo de avaliação sensorial**

A agregação de valor à aguardente de cana, principalmente àquela classificada como cachaça, teve uma grande importância na aceleração do desenvolvimento de todo o setor. O aumento da comercialização, tanto no mercado interno quanto externo, fez aumentar a demanda por uma definição de padrões de identidade para o produto. A Instrução Normativa nº 13 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005) corresponde ao padrão composicional da aguardente de cana de açúcar e da cachaça. Porém, este é um parâmetro pobre quando se trata de alimentos, principalmente por não considerar as características sensoriais. Assim, mesmo que um produto esteja em conformidade com os padrões de identidade composicional, este poderá ser de baixa qualidade sensorial.

A caracterização sensorial de alimentos é uma alternativa para descrever e identificar produtos, mas tal abordagem tem vários problemas metodológicos. Em uma avaliação sensorial, uma equipe de julgadores é utilizada como instrumento analítico, mas, diferentemente de instrumentos convencionais, ela é sujeita a variabilidade que é exacerbada por diferenças culturais e de linguagem (HUNTER e MCEWAN, 1998). A universalidade de resultados sensoriais em alimentos com características sensoriais complexas, como a cachaça, depende de estudos de padronização de metodologias e de linguagem, para que diferenças regionais não influam na caracterização sensorial.

A análise dos dados do perfil sensorial é focada na média ou nos valores mais frequentes encontrados da percepção de uma característica sensorial. Esta percepção média é considerada como uma informação objetiva dos produtos, em volta da qual as diferenças entre julgadores (psicológicas, fisiológicas e o modo de usar a escala) e entre replicatas geram uma variabilidade de medida. Então, de forma a tornar o método operacional, a análise dos dados deve levar a uma caracterização fiel (evidenciando as

diferenças dos produtos tão distintas quanto possível) e robusta (com relação à variabilidade entre julgadores) dos produtos (MONROZIER e DANZART, 2001). Os métodos desenvolvidos para a análise do perfil sensorial de um produto devem ser validados para assegurar que eles são adequados ao propósito pretendido. Todo o processo de teste, cobrindo o método, a equipe de julgadores e o processamento estatístico dos dados, deve ser avaliado. As características de desempenho requeridas de um método particular devem ser determinadas, e deve-se produzir dados de validação para comprovar o atendimento a estes requerimentos. Algumas destas características podem ser a reprodutibilidade e repetibilidade do método, poder de discriminação de amostras, a sensibilidade, a comparação com métodos já existentes e testes interlaboratoriais (EA, 2003).

São poucas as citações sobre o número de provadores treinados. Em literatura especifica-se de 10 a 12 provadores para ADQ (STONE e SIDEL, 2004), de 8 a 12 provadores para testes descritivos, segundo a norma britânica (BS ISO 13299:2003), sendo que a Norma ISO/DIS 8586 sugere de 6 a 12. De modo geral, o limite mínimo é provavelmente de 5 e o máximo de 20 provadores (KING et al., 1995).

Um método de controle de qualidade segue alguns passos comuns, entre eles citam-se principalmente, definições de especificações ou padrões de qualidade e desenvolvimento, e teste de métodos para avaliar de maneira confiável, se um produto apresenta ou não as características dos padrões especificados (COSTELL, 2002).

A validação é importante porque um analista sensorial deseja que seu painel seja bem conduzido. Um dos itens que deseja-se do painel é a reprodutibilidade. Se um experimento é repetido por outro painel sensorial, ou repetido pelo mesmo painel mais tarde, o ideal é que estes fatores não influenciassem nos resultados. Mas na prática não é fácil de checar (LEA, RODBOTTEN e NAES, 1995).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Materiais

Foram utilizadas amostras de 21 marcas de cachaça e aguardente de cana-de-açúcar adquiridas no comércio local e amostras doadas por produtores de cachaça no Estado de Minas Gerais. As marcas foram selecionadas considerando-se uma variabilidade com relação ao perfil sensorial das bebidas, incluindo cachaça nova e envelhecida; premium e extra premium, segundo a denominação contida na Instrução Normativa n. 13, de 29 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

As amostras foram agrupadas no volume de seis litros (unidade amostral), armazenadas em recipientes de vidro, ao abrigo da luz e de calor (temperatura média de 23 °C), todas de um mesmo lote de produção. A Tabela 2 mostra a diversidade das amostras.

Tabela 2 - Caracterização das amostras

<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Armazenamento</b>	<b>Origem</b>
1	Cachaça Nova	Jequitibá	MG
2	Cachaça Nova	Amendoim	MG
3	Cachaça Nova	-	MG
4	Cachaça Nova	-	SP
5	Cachaça Nova	-	MG
6	Cachaça Nova	-	MG
7	Cachaça Nova	-	MG
8	Cachaça Env.	Carvalho	MG
9	Cachaça Env.	Carvalho	MG
10	Cachaça Env.	Amburana	MG
11	Cachaça Env.	Amburana	MG
12	Cachaça Env.	Bálsamo	MG
13	Cachaça Env.	Bálsamo	MG
14	Cachaça Env.	Castanheira	MG
15	Cachaça Nova	Jequitibá	MG
16	Cachaça Env.	Carvalho, castanheira	MG

Tabela 2 - continuação

17	Cachaça Env.	Carvalho	ES
18	Cachaça Env.	Amburana	MG
19	Aguardente Env.	Bálsamo	CE
20	Cachaça Nova	-	SP
21	Aguardente Nova	Freijó	CE

### 3.2. Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial e no Laboratório de Pesquisa e Qualidade de Bebidas do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

#### 3.2.1. Análises físico-químicas

Foram realizadas as análises físico-químicas para a caracterização das amostras, conforme a Instrução Normativa nº13, de 30 de julho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005a).

As análises de grau alcoólico real e de acidez volátil foram realizadas seguindo metodologia descrita no manual de métodos de análises de bebidas e vinagres do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005b).

Realizou-se determinações de compostos voláteis das amostras por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama. Foram quantificados os teores de acetaldeído, acetato de etila, metanol, 1-propanol, álcool isobutílico e álcool isoamílico. Utilizou-se cromatógrafo Shimadzu GC 17-A, com detector de ionização de chama (FID). Foi utilizada coluna capilar (polialquileno glicol), SUPELCO PAG (30 m x 0,25 mm.x 0,25 µm). A temperatura do injetor foi mantida a 180°C e a do detector a 200°C. Foi utilizada a seguinte programação de temperatura da coluna: 35°C por 10 minutos, elevada até 200°C em uma taxa de 10°C.min<sup>-1</sup>, permanecendo nesta temperatura por 5 minutos. O tempo total de análise foi de 31,5 minutos. Foi injetado 1,0 µL de amostra com razão de “split” de 1:2. Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL.min<sup>-1</sup>.

A quantificação dos compostos foi feita pelo método do padrão externo. Sendo assim, foram construídas curvas de calibração para cada um dos compostos, separadamente, pela injeção de soluções aquosas do padrão puro em diferentes concentrações. A equação da reta e o coeficiente de determinação foram obtidos pela construção do gráfico área do pico versus concentração, analisado por regressão linear. Os pontos utilizados para a construção da curva estão demonstrados na Tabela 3. Os reagentes utilizados foram todos de grau padrão para análise (PA). Foram utilizadas soluções estoque de Acetaldeído (Merck), Acetato de Etila (Merck), Metanol (Vetec), 1-Propanol (Merck), Álcool Isobutílico (Isofar) e Álcool Isoamílico (Merck). A identificação de cada composto foi feita pela comparação do tempo de retenção do pico para a solução padrão e para a amostra. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 3 – Concentrações dos padrões utilizados para a construção das curvas de calibração (em ppm)

Composto	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Acetaldeído	25	50	125	250	500	1000	-
Acetato de Etila	25	50	100	125	250	500	1000
Metanol	20	60	100	140	180	-	-
1-propanol	25	50	100	125	250	500	1000
Isobutílico	60	150	300	450	600	-	-
Isoamílico	60	150	300	450	600	1200	-

### 3.2.2. Determinação do carbamato de etila

As amostras de cachaça foram analisadas para a determinação de carbamato de etila em cromatógrafo Shimadzu GC 17-A, acoplado a um detector de massas Shimadzu QP-5050A, tendo como fonte de ionização o impacto eletrônico com 70 eV. Foi utilizada uma coluna capilar de fase polar (polietilenoglicol), DB-WAX (60 m x 0,25 mm x 0,50 µm). As temperaturas do injetor e da interface do detector foram mantidas a 220° C, e empregou-se a seguinte programação de temperatura para o forno: 90 °C (2 min), elevada a 150 °C a uma taxa de 10 °C min<sup>-1</sup> e à 230 °C a uma taxa de 40 °C.min<sup>-1</sup>, sendo assim mantida por 10 min. O volume de amostra injetado foi de 2,0 µL em modo “splitless”. Foi usado hélio como gás de arraste com fluxo de 1,5 mL.min<sup>-1</sup>. Modo de aquisição SIM, monitorando os íons de m/z 62, 74 e 89.

A quantificação foi realizada pela comparação dos resultados cromatográficos das amostras com uma curva analítica obtida a partir de uma solução estoque de carbamato de etila da New Química® 99 %  $1\text{mg.mL}^{-1}$  em etanol:água (40:60 v/v). As diluições foram realizadas abrangendo uma faixa de concentração de 50 a  $1220,0\ \mu\text{g.L}^{-1}$ . As análises foram realizadas em triplicata.

### **3.2.3. Avaliação sensorial descritiva da cachaça e aguardente**

#### **3.2.3.1. Recrutamento da equipe**

O recrutamento dos candidatos a provadores foi realizado segundo metodologia proposta por STONE et al. (1974) e MEILGAARD (2006). Consumidores da bebida foram avaliados com relação à capacidade de utilizar uma escala não estruturada e descrever verbalmente aromas, à disponibilidade de tempo para a realização das análises e também quanto a questões sobre condição de saúde, hábitos alimentares e aversões, e familiaridade com a bebida analisada. O recrutamento foi realizado por meio de formulário (ANEXO 1) preenchido pelo candidato e entregue aos coordenadores do projeto. Aqueles que satisfizeram a todos os requisitos foram convocados para a etapa de pré-seleção da equipe de provadores.

#### **3.2.3.2. Pré-seleção da equipe de provadores**

Foi realizada a pré-seleção de 50 candidatos por meio de teste sensorial de diferença (teste triangular) seguido de análise estatística – análise sequencial de Wald (AMERINE, et al., 1965), com duas amostras de aguardentes que apresentam diferença considerada adequada pelos coordenadores do projeto.

As amostras foram servidas em canecos de porcelana com fundo preto, a temperatura ambiente, cobertas por um vidro de relógio e codificadas com 3 números.

O sistema de decisão foi baseado no teste de hipóteses:  $H_0: p=p_0$ ;  $H_a: p=p_1$ , onde o valor  $p$  é uma medida da acuidade intrínseca do candidato e varia no intervalo de 0 a 1. Foram utilizados os valores  $p_0=0,33$  (máxima inabilidade aceitável),  $p_1=0,66$  (mínima habilidade aceitável), para os riscos  $\alpha=0,05$  (aceita

candidato sem acuidade) e  $\beta=0,10$  (rejeita candidato com acuidade sensorial). Desta forma, os candidatos com habilidade igual ou superior a  $p_1$  (isto é,  $p \geq 0,66$ ) foram aceitos, e aqueles com habilidade igual ou inferior a  $p_0$  (isto é,  $p \leq 0,33$ ) foram rejeitados. As retas para a construção do gráfico são (AUGUSTO, QUEIROZ e VIOTTO, 2005; CHAVES e SPROESSER, 1993):

$$a_n = h_0 + sn$$

$$r_n = h_1 + sn$$

Onde:

$n$  – número de experimentos;

$s$  – inclinação da reta;

$h_0$  e  $h_1$  – intercepto com o eixo  $y$ ;

$a_n$  e  $r_n$  – número de respostas corretas acumuladas para cada candidato, até a  $n$ -ésima repetição.

Com estes dados, foi construído um gráfico para a decisão de aceitação ou rejeição do candidato (Figura 1). Os candidatos eram aceitos quando, após certo número de avaliações, entravam na região de aceitação e eram rejeitados quando entravam na região de rejeição.

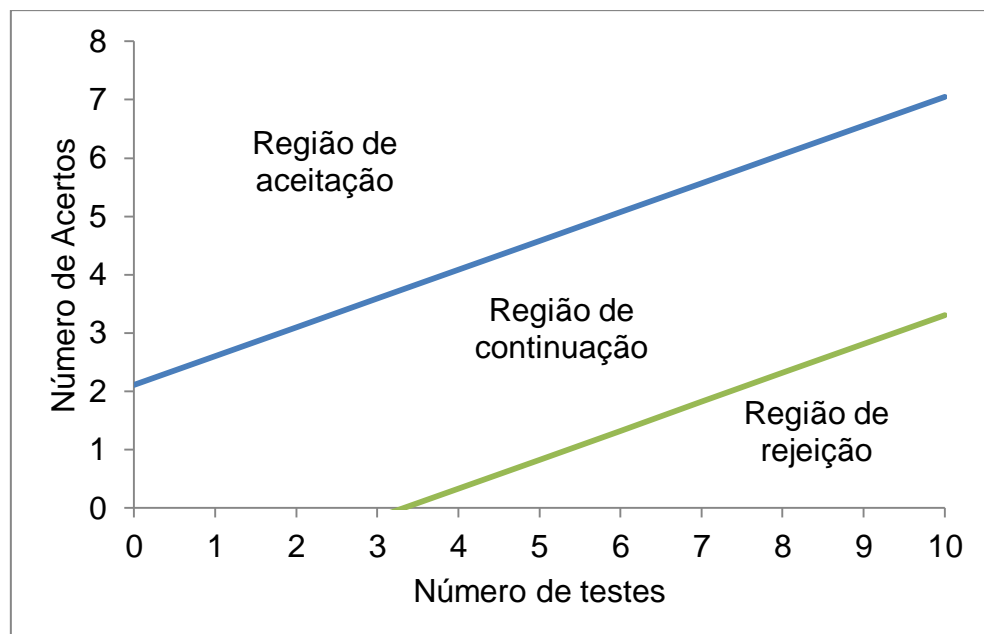


Figura 1 - Gráfico do método sequencial de Wald para a seleção de candidatos.

### 3.2.3.3. Seleção da equipe de provadores

Nesta etapa de seleção dos provadores estavam envolvidos testes que tem o objetivo de avaliar a acuidade do candidato na percepção e descrição de gostos e odores.

Uma série de testes (ELORTONDO et al., 2007) foi realizada para a seleção dos provadores para a etapa de treinamento específico. Os testes foram:

1. Teste de visualização de cor, usando o método de Ishihara. Este teste foi desenhado para a identificação de anomalias na visualização de cores. Círculos coloridos com um número em seu interior (Figura 2) foram apresentados aos candidatos, em cabines individuais com iluminação branca, que eram solicitados a identificar qual número estava escrito. Espera-se que o candidato tenha aprovação completa nesse teste. O teste foi realizado utilizando ficha conforme Figura 3.

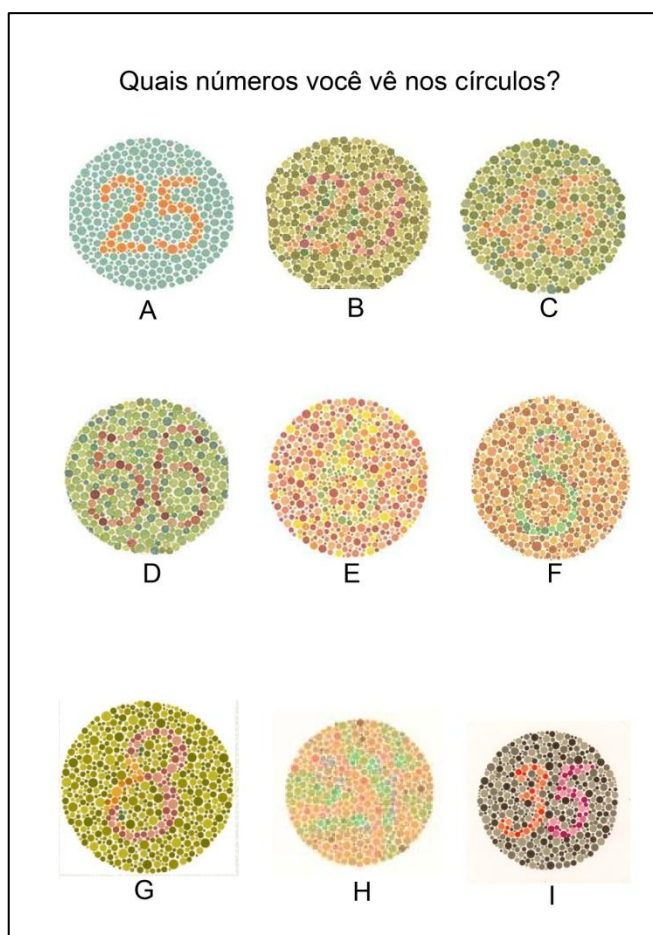


Figura 2 – Método de Ishihara para teste de visualização de cor.

2. Teste de reconhecimento de intensidade de cor. Foram apresentados, em cabines individuais com iluminação branca, cinco cartões coloridos em tons de amarelo a marrom e solicitou-se ao candidato que os colocasse em ordem ascendente em termos do grau de intensidade da cor. As tonalidades utilizadas são apresentadas na Tabela 4, utilizando o sistema L, a, b para sua identificação. Os cartões foram confeccionados utilizando o software Photoshop, versão 11.0 (Adobe Systems; Mountain View, CA). Foi considerado como satisfatória somente a ordem correta dos cartões. O teste foi realizado utilizando ficha conforme Figura 3.

Tabela 4 - Identificação das cores utilizadas no teste

Cor	L	a	b
1	96	-7	28
2	94	-6	33
3	89	-3	41
4	85	1	48
5	80	5	58

3. Teste de sensibilidade e identificação de gostos primários. Foram apresentadas soluções com concentrações diferentes dos quatro gostos primários (doce, salgado, ácido, amargo), conforme descrito na Tabela 5. O candidato foi solicitado a provar cada solução e identificar o gosto. Era requerido, no mínimo, 66,67% de acerto na identificação de seis amostras. O teste foi realizado utilizando ficha conforme Figura 3.

Tabela 5 - Soluções de gostos primários

Gosto	Concentração Mínima	Concentração Máxima
<b>Amargo</b>	0,04% de cafeína	0,20% de cafeína
<b>Ácido</b>	0,1% de ácido acético	0,5% de ácido acético
<b>Doce</b>	4,0 g/L de sacarose	12,0 g/L de sacarose
<b>Salgado</b>	1,00 g/L de NaCl	3,0 g/L de NaCl

Fonte: CHAVES e SPROESSER, 1996.

<b>TESTE DE RECRUTAMENTO</b>	
NOME: _____	DATA: _____
1. Qual é o número escrito em cada uma das figuras:	
A.____ B.____ C.____ D.____ E.____ F.____ G.____ H.____ I.____	
2. Coloque em ordem crescente, da esquerda para a direita, de intensidade de cor as tiras coloridas (escreva o código correspondente):	
_____	
3. Identifique, relacionando o código da amostra, qual o gosto da solução apresentada:	
(____) Ácido (____) Amargo (____) Doce (____) Salgado	

Figura 3 - Ficha para teste de recrutamento.

#### 4. Testes de reconhecimento de substâncias sápidas

4.1. Método de ordenação. Os candidatos foram solicitados a ordenar as amostras de acordo com a intensidade do aroma. Foram utilizadas soluções de aroma de baunilha, marca IFF, nas concentrações de 0,1%, 0,5% e de 1,0%. Para a aprovação neste teste, era necessária a correta identificação da ordem de intensidade de aroma das amostras. O teste foi realizado utilizando ficha conforme Figura 4.

<b>TESTE DE ORDENAÇÃO</b>	
Nome: _____	Data: _____
Por favor, prove as amostras. Ordene-as de acordo com a intensidade do aroma. A amostra com maior intensidade deve ser colocada em 1º lugar. Enxágue a boca após as avaliações e espere 30 segundos.	
<b>Código</b>	<b>Ordem</b>
778	_____
940	_____
405	_____

Figura 4 - Ficha para teste de ordenação.

4.2. Método de descrição de aroma. Foram apresentadas soluções de aroma de baunilha (1,0% v/v), marca IFF, de aroma de caramelo (1,0% v/v), marca IFF, de aroma natural de chocolate (1,0% v/v), marca Takasago e de ácido acético (0,1% v/v). Os candidatos foram solicitados a classificar as percepções sensoriais identificadas, descrevendo-as. Os candidatos foram avaliados levando em consideração a descrição dada para cada amostra. Não foi exigido que o candidato acertasse qual era exatamente o aroma, mas que fornecesse descrição suficientemente abrangente que coubesse ao estímulo apresentado. O teste foi realizado utilizando ficha conforme Figura 5.

Para que o candidato fosse aceito, ele deveria realizar com sucesso pelo menos 80% dos cinco testes. Ele poderia repetir uma vez um dos testes em que falhou. Após a repetição, se a taxa de sucesso continuasse abaixo dos 80%, o candidato seria rejeitado.

TESTE DESCRIÇÃO DE AROMAS	
Nome: _____	Data: _____
Por favor, cheire as amostras com a boca aberta e as prove. Descreva da melhor forma possível o aroma percebido de acordo com seus conhecimentos sensoriais.	
<b>Código</b>	<b>Aroma de:</b>
113	_____
561	_____
422	_____
296	_____

Figura 5 - Ficha para teste de descrição de aromas.

Esta etapa teve como objetivos detectar inabilidades, determinar a sensibilidade sensorial e avaliar o potencial dos candidatos em descrever e comunicar suas percepções. Além disso, esta etapa possibilitou verificar quais provadores necessitariam de maiores cuidados nos treinamentos.

### 3.2.3.4. Levantamento dos atributos sensoriais

Após a seleção, fez-se o treinamento dos provadores com o propósito de prover elementos básicos sobre técnicas de análise sensorial, sobre terminologias em análise sensorial e sobre os atributos mais comuns em bebidas alcoólicas.

Em seguida, foram apresentadas as 21 amostras de cachaça, de forma monádica, em cabines individuais, com o objetivo de realizar o levantamento dos atributos que caracterizam a bebida. Para isto foi utilizado o método de lista prévia (YOKOTA, 2005), em que os provadores apontaram a presença ou ausência (Figura 6) de um determinado atributo dentro de uma lista compilada a partir da análise de outros trabalhos realizados anteriormente que tiveram entre seus objetivos o levantamento do perfil sensorial da cachaça (YOKOTA, 2002; CARVALHO, 2001; CARDELLO e FARIA, 1998) ou de outras bebidas alcoólicas, como o uísque (LEE et al., 2001), brandy (JOLLY e HATTINGH, 2001) e vinho (NOBLE et al., 1984; NOBLE et al., 1987). A lista de atributos, com a descrição de cada um deles, está descrita na Tabela 6.

Tabela 6 - Atributos sensoriais de bebidas destiladas e suas definições

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO
<b>Aparência</b>	
Coloração amarela	Coloração amarela translúcida característica de cerveja tipo “pilsen” sem gás e sem espuma, em um cálice transparente
Oleosidade	Característica oleosa, observada no deslocamento da bebida pela taça após leve agitação
<b>Aroma</b>	
Aroma alcoólico	Aroma característico de etanol
Aroma de melão de cana	Aroma característico de melão de cana, subproduto da fabricação de açúcar
A. de caldo de cana fermentado	Aroma característico do caldo de cana em fermentação
Aroma de madeira	Aroma característico da madeira utilizada no tonel para envelhecimento da cachaça
Aroma de baunilha	Aroma característico de favas de baunilha
Aroma de castanhas	Aroma comum a castanhas cruas, como as nozes, avelãs, castanha-do-pará e castanha de caju
Aroma terroso	Aroma relacionado a terra molhada, locais úmidos, serragem molhada e com mofo
Aroma de compostos químicos	Aromas relacionados a solventes orgânicos, como cetona, formol, gasolina, diesel
Aroma floral	Aroma característico de flores, como rosas, violetas, flor de laranjeira

Tabela 6 - continuação

Aroma de especiarias	Aroma característicos de temperos e ervas, como canela, cravo, manjeriço, alecrim, pimenta
Aroma frutado	Aroma característico de frutas maduras, como cítricos, maçã, banana e ameixa
Aroma de caramelo	Aroma característico de açúcar caramelizado, chocolate, mel
Aroma herbáceo	Aroma relacionado a vegetais macerados
Aroma de perfume	Aroma relacionado a fragrância de perfumes
Aroma de queimado	Aromas relacionados a produtos queimados ou tostados, como fumaça, café torrado ou torradas queimadas
<b>Sabor</b>	
Gosto doce	Gosto percebido pela mucosa oral semelhante aquele provocado pela sacarose
Gosto ácido	Gosto associado ao ácido acético (que lembra vinagre)
Gosto salgado	Gosto associado ao cloreto de sódio (sal de cozinha)
Gosto amargo	Gosto de quinina, característico de água tônica
Sabor alcoólico	Sabor característico de etanol
Sabor de madeira	Sabor característico promovido pela madeira utilizada no tonel para envelhecimento da cachaça
Sabor metálico	Sabor relacionado a metais
Sabor adstringente	Sensação de secura na mucosa oral, semelhante àquela causada de forma intensa por certas frutas verdes, como o caqui e a banana
Sabor de melaço de cana	Sabor característico de melaço de cana, subproduto da produção de açúcar
Sabor de queimado	Sabor característico de produtos queimados ou tostados, como café torrado, pão tostado
Sabor pungente	Sabor agressivo, irritante, repulsivo.

Adaptado de: YOKOTA, 2002; CARVALHO, 2001; CARDELLO e FARIA, 1998; JOLLY e HATTINGH, 2001; LEE et al., 2001; NOBLE et al., 1984; NOBLE et al., 1987.

Foram selecionados os atributos apontados por pelo menos 50% dos provadores em uma mesma amostra.

Após o levantamento dos termos, foram produzidos, em consenso com a equipe pré-selecionada de provadores, padrões químicos de referência para cada um dos descritores. Essas referências, ou padrões, são soluções alcoólicas de substâncias naturais ou sintéticas que melhor se aproximam do estímulo sensorial percebido.

Prezado provador, prove a amostra e verifique se o atributo abaixo relacionado está presente.  
 Amostra: \_\_\_\_\_  
 Provador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

<b>Atributos</b>	<b>Presente</b>	<b>Ausente</b>	<b>Especificação</b>
<b>Aparência</b>			
Coloração amarela			
Viscosidade			
<b>Aroma</b>			
Aroma alcoólico			
Aroma de melão de cana			
A. de caldo de cana fermentado			
Aroma de madeira			
Aroma de baunilha			
Aroma de castanhas			
Aroma terroso			
Aroma de compostos químicos			
Aroma floral			
Aroma de especiarias			
Aroma frutado			
Aroma de caramelo			
Aroma herbáceo			
Aroma de perfume			
<b>Sabor</b>			
Gosto doce			
Gosto ácido			
Gosto amargo			
Gosto salgado			
Sabor alcoólico			
Sabor de madeira			
Sabor metálico			
Sabor adstringente			
Sabor de melão de cana			
Sabor pungente			

Se houver algum atributo sensorial presente na amostra avaliada que não foi citado na tabela acima, mencione-o aqui:  
 Aparência:  
 Aroma:  
 Sabor:

Figura 6 - Ficha para levantamento dos atributos.

### 3.2.3.5. Desenvolvimento de ficha de análise sensorial de cachaça

Uma ficha foi desenvolvida com a finalidade de analisar quantitativamente as amostras com relação aos atributos levantados anteriormente. Foi utilizada escala não estruturada de 15 centímetros (MEILGAARD et al., 2006). Foram indicados os pontos na escala referentes à intensidade fraca e forte ou ausente e forte de cada um dos atributos.

### **3.2.3.6. Treinamento e seleção final dos provadores**

Os provadores participaram de, no mínimo, três sessões de treinamento, onde as soluções padrão foram apresentadas. As referências dos atributos de aparência e aroma foram apresentadas em taças de cristal transparente, própria para o consumo de cachaça. Os padrões de sabor foram servidos em copos descartáveis de 50 mL.

Após o treinamento, foi realizada a seleção da equipe definitiva de provadores para a análise descritiva com a utilização das fichas elaboradas com as escalas de intensidade para os atributos definidos. As características que definiram a seleção final dos provadores foram: poder de discriminação entre as amostras e repetibilidade (STONE et al., 1974).

Os provadores avaliaram três amostras, em cinco repetições, utilizando a ficha desenvolvida na etapa anterior. Em seguida, foi realizada análise de variância (ANOVA), com duas fontes de variação (amostra e repetição) para cada atributo e para cada provador, sendo obtidos valores para  $F_{amostra}$  e  $F_{repetição}$  para cada provador. Foram selecionados os provadores com valores  $F_{amostra}$  significativo para  $p \leq 0,50$  e  $F_{repetição}$  não significativo para  $p \geq 0,05$ . Foi selecionado o provador com no máximo uma falha em apenas um dos atributos.

### **3.2.3.7. Estudo da redução do número de provadores por equipe**

Foram realizadas análises do perfil sensorial de amostras de quatro marcas de cachaça escolhidas aleatoriamente por sorteio, entre as 21 disponíveis. As análises sensoriais foram realizadas por todos os provadores em delineamento em blocos completos casualizados, em quatro repetições. As equipes foram formadas por sorteio entre os dez provadores disponíveis, sendo formadas 26 equipes – uma equipe completa e cinco equipes com 8, 6, 4, 3 e 2 provadores. O desempenho da equipe foi avaliado pela comparação entre os perfis de qualidade sensorial das diferentes bebidas, organizados a partir das notas médias das equipes em gráfico radial (STONE et. al. 1974) e em gráficos dos componentes principais (YOKOTA, 2005).

Além desse processo gráfico, os perfis sensoriais das equipes de provadores foram comparados estatisticamente por meio da análise de variância dos escores e comparação das médias pelo teste de amplitudes múltiplas de Duncan, ambos tendo como referência o nível de significância de 5%. A análise de variância, para cada atributo, segue o modelo de blocos casualizados com as fontes de variação PROVADORES/BLOCOS e AMOSTRA e a interação PROVADOR\*AMOSTRA.

Foram elaboradas tabelas para a comparação entre o número de atributos significativos ( $p \leq 0,05$ ) identificados pela equipe completa e pelas equipes reduzidas, seguindo metodologia descrita por KING et al. (1995).

### **3.2.3.8. Estudo da redução do número de atributos**

Com o objetivo de estudar as relações entre os atributos e determinar a importância relativa de cada um na caracterização da bebida, aplicou-se a análise por variáveis canônicas.

Os 10 provadores selecionados e treinados realizaram a avaliação de 18 amostras no laboratório de análise sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV. As amostras foram servidas em cabines individuais de forma monádica em taças de cristal, marca Strauss, próprias para consumo de cachaça, codificadas com três dígitos aleatórios e sob luz branca. As taças eram recobertas por um vidro de relógio, retirado no momento da avaliação. As amostras foram apresentadas a cada provador em delineamento inteiramente casualizado, em três repetições, totalizando 54 sessões por provador.

Para a análise estatística, os dados foram separados em dois grupos: um para as bebidas envelhecidas e outro para as bebidas consideradas novas. Esta separação permite a avaliação da importância de um atributo na caracterização de cada grupo da bebida.

As análises estatísticas foram realizadas segundo metodologia descrita por CARNEIRO (2005), utilizando procedimentos do software estatístico SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Carolina do Norte, EUA), versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa (2009). A análise de agrupamento foi realizada utilizando procedimentos do pacote estatístico Genes (UFV, 2005).

#### **3.2.4. Correlação entre avaliações sensoriais e físico-químicas**

Foram realizadas análises de correlação simples entre os dados da análise descritiva quantitativa e das determinações físico-químicas das amostras de cachaça. Foram utilizados procedimentos do software estatístico SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Carolina do Norte, EUA), versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa (2009).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análises físico-químicas das cachaças e aguardentes

Foram realizadas as análises físico-químicas para a caracterização das bebidas com relação a alguns parâmetros da Instrução Normativa nº13, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005a). Os valores médios e desvios padrão das determinações estão apresentados na Tabela 7.

As amostras se encontram dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2005), com alguns leves desvios. A exceção é a marca 16 (não é comercial), excedendo gravemente os limites para teor alcoólico, acetaldeído, metanol e para a soma dos álcoois superiores. Por este motivo, esta marca foi excluída do estudo sensorial tão logo se obteve o resultado das análises.

Pela análise do resultados percebe-se que o teor alcoólico médio, 38,8% v/v, é baixo, se aproximando do limite inferior (38% v/v). Este mesmo comportamento foi observado por YOKOTA (2005), que atribuiu este fato a uma exigência do mercado consumidor mais jovem por uma graduação alcoólica mais suave.

Os resultados da acidez volátil mostram um nível muito abaixo do limite máximo da legislação, 150 mg de ácido acético/100mL de álcool anidro. O maior valor para acidez volátil encontrado foi de 33,1 mg de ácido acético/100mL de álcool anidro para a marca 17. YOKOTA (2005), ao analisar diversas amostras de cachaça envelhecida, encontrou resultado semelhante, com teores variando de 9,85 a 97,83 mg de ácido acético/100mL de álcool anidro. LIMA e NÓBREGA, avaliando qualidade de aguardentes produzidas na Paraíba, encontraram valores de acidez volátil entre 6,7 e 84,8 mg de ácido acético/100mL de álcool anidro.

Tabela 7 - Resultado das análises físico-químicas das bebidas – média e desvio padrão

Marca	Teor Alcoólico	Acidez Volátil	Acetaldeído	Acetato de etila	Metanol	1-propanol	Álcool Isobutílico	Álcool Isoamílico	Soma Alcoois Superiores
1	40,3 (0,0)	27,4 (0,46)	10,68 (0,89)	11,45 (0,66)	11,60 (7,03)	18,35 (0,73)	58,10 (4,34)	178,35 (13,79)	254,80
2	38,3 (0,06)	18,0 (0,48)	13,11 (0,82)	11,47 (0,25)	8,37 (0,86)	11,09 (0,35)	67,08 (3,72)	193,22 (10,86)	271,39
3	41,6 (0,0)	23,5 (0,88)	9,55 (0,62)	10,59 (0,13)	7,19 (0,41)	6,78 (0,05)	36,27 (0,67)	142,87 (2,50)	185,92
4	<b>37,1</b> <b>(0,25)</b>	3,2 (0,50)	2,59 (0,28)	6,27 (0,22)	4,69 (1,45)	12,78 (0,31)	42,03 (1,27)	164,77 (5,87)	219,58
5	39,2 (0,15)	23,3 (0,47)	14,95 (0,47)	7,84 (0,20)	10,44 (0,96)	10,33 (0,16)	45,76 (1,43)	151,54 (4,48)	207,63
6	43,3 (0,10)	27,0 (0,0)	14,05 (2,01)	15,21 (3,52)	11,00 (2,36)	10,13 (0,96)	50,12 (8,57)	167,38 (27,49)	227,63
7	42,1 (0,0)	21,2 (0,0)	10,80 (1,85)	8,99 (0,77)	8,85 (1,59)	15,34 (2,99)	39,85 (10,78)	117,57 (29,68)	172,76
8	40,0 (0,10)	11,4 (0,46)	8,95 (0,80)	6,44 (0,14)	7,76 (1,15)	12,45 (0,50)	37,63 (1,68)	137,35 (5,36)	187,43
9	40,5 (0,15)	27,8 (0,91)	16,26 (0,67)	11,81 (0,09)	11,03 (0,22)	13,41 (0,26)	51,93 (1,77)	166,11 (5,52)	231,45
10	42,2 (0,06)	26,7 (1,15)	8,91 (0,06)	9,23 (0,07)	7,72 (1,55)	12,26 (0,13)	37,79 (1,06)	134,56 (3,55)	184,61
11	45,7 (0,06)	9,5 (0,40)	25,13 (2,21)	8,41 (0,27)	<b>23,44</b> <b>(2,35)</b>	10,91 (0,39)	49,84 (3,49)	219,66 (13,45)	280,41
12	41,5 (0,15)	18,9 (0,44)	11,70 (0,20)	11,35 (0,11)	11,05 (1,70)	12,15 (0,01)	41,27 (0,25)	153,04 (1,02)	206,46
13	47,1 (0,15)	29,5 (0,78)	11,09 (0,58)	15,64 (0,52)	11,32 (0,32)	13,13 (0,22)	53,51 (1,14)	154,89 (2,93)	221,53
14	41,7 (0,06)	12,5 (0,44)	14,88 (1,54)	10,06 (0,65)	11,49 (1,30)	12,00 (1,60)	45,83 (9,09)	165,08 (33,13)	222,91
15	38,8 (0,0)	17,0 (0,95)	16,17 (0,61)	10,41 (0,41)	10,62 (0,65)	11,33 (0,23)	48,21 (2,01)	159,92 (6,07)	219,46
16	<b>56,8</b> <b>(0,15)</b>	11,6 (0,65)	<b>47,58</b> <b>(1,26)</b>	13,16 (0,30)	<b>340,98</b> <b>(21,91)</b>	32,22 (2,34)	127,18 (11,34)	491,82 (42,00)	<b>651,22</b>

Tabela 7 (cont.) - Resultado das análises físico-químicas das bebidas – média e desvio-padrão

Marca	Teor Alcoólico	Acidez Volátil	Acetaldeído	Acetato de etila	Metanol	1-propanol	Álcool Isobutílico	Álcool Isoamílico	Soma Alcoois Superiores
17	41,3 (0,25)	33,1 (0,77)	<b>35,07</b> <b>(6,30)</b>	23,36 (5,59)	<b>27,38</b> <b>(10,56)</b>	15,27 (2,27)	61,37 (13,38)	188,31 (37,87)	264,95
18	38,5 (0,17)	6,9 (0,48)	10,30 (0,17)	7,63 (0,03)	6,70 (1,18)	11,97 (0,16)	45,73 (1,73)	188,96 (7,17)	246,66
19	38,5 (0,23)	3,9 (0,48)	23,82 (0,55)	7,44 (0,02)	6,68 (0,96)	11,29 (0,10)	69,11 (0,72)	189,76 (1,52)	270,16
20	38,1 (0,06)	12,5 (0,84)	9,22 (1,51)	7,47 (0,14)	10,12 (3,47)	13,34 (0,71)	62,46 (4,92)	176,11 (14,91)	251,91
21	38,9 (0,17)	6,8 (0,47)	17,15 (0,43)	7,27 (0,09)	12,35 (2,44)	12,16 (0,26)	69,41 (2,13)	182,23 (6,10)	263,80
Limites permitidos	38,00 a 54,00	150,00	30,00	200,00	20,00	—————→			360,00

O teor alcoólico é expresso em % v/v; a acidez volátil é expressa em mg de ácido acético em 100 mL de álcool anidro; acetaldeído, acetato de etila, metanol, 1-propanol, álcool isobutílico e álcool isoamílico são expressos em mg/100mL de álcool anidro.

A soma de alcoois superiores é expressa pela soma dos teores médios de 1-propanol, álcool isobutílico e álcool isoamílico, e é expresso em mg/100mL de álcool anidro.

Os valores em negrito estão em desacordo com os limites fixados pela IN nº13 (BRASIL,2005).

A análise de álcoois superiores mostrou que todas as marcas, a exceção da marca 16, estavam dentro dos limites estabelecidos. Estes compostos quando em altas concentrações conferem odor desagradável e sabor pungente à bebida.

Foi realizada análise do teor de carbamato de etila em cada uma das marcas. Apesar de não ter impacto significativo na qualidade sensorial do produto, entende-se que o acompanhamento do nível de contaminação da bebida por este composto é de grande importância devido a seu grande potencial de causar danos à saúde humana.

Os resultados da determinação de carbamato de etila são apresentados na Tabela 8.

O resultado das determinações de carbamato de etila mostra que apenas 7 (33,3%) das 21 marcas analisadas encontram-se dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira (150 µg/L). O valor máximo observado foi de 965,48 µg/L para a marca 17.

Outros autores estudando a ocorrência de carbamato de etila em aguardentes encontraram níveis de contaminação semelhantes a este estudo.

LELIS (2006), verificando a ocorrência de carbamato de etila em cachaças de alambique e em aguardentes industriais, analisou 75 amostras de diferentes marcas e origens, encontrando concentrações que variaram de 20,13 a 948,23 µg/L, com média de 383,71 µg/L. Das 75 amostras, apenas 10 (13,3%) estavam dentro do limite permitido pela legislação brasileira.

BAFFA JÚNIOR et al. (2007) determinaram a concentração do carbamato de etila em diferentes marcas de cachaça comercializadas na região da Zona da Mata Mineira – MG. A média das análises de 22 marcas foi de 1206 µg/L, com mínimo de 5 µg/L e máximo de 12376 µg/L. Das 22 marcas analisadas, apenas 5 (22,7%) estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira (<150 µg/L).

Tabela 8 – Valores médios e desvio padrão das análises de carbamato de etila em amostras de cachaça e aguardente.

AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO (µg/L)
1	<b>170,42</b> <b>(5,21)</b>
2	<b>232,20</b> <b>(20,23)</b>
3	ND
4	<b>448,32</b> <b>(29,54)</b>
5	ND
6	<b>166,18</b> <b>(17,12)</b>
7	<b>191,69</b> <b>(33,81)</b>
8	<b>705,77</b> <b>(31,95)</b>
9	144,06 (3,37)
10	100,38 (5,88)
11	<b>184,18</b> <b>(19,49)</b>
12	119,13 (4,94)
13	<b>360,69</b> <b>(13,04)</b>
14	<b>455,37</b> <b>(22,91)</b>
15	<b>483,31</b> <b>(13,77)</b>
16	<b>289,16</b> <b>(16,96)</b>
17	<b>965,48</b> <b>(35,28)</b>
18	<b>393,82</b> <b>(26,07)</b>
19	102,35 (5,15)
20	ND
21	<b>219,79</b> <b>(17,61)</b>

ND – não detectável

ANDRADE-SOBRINHO et al. (2002) investigaram a presença de carbamato de etila em diferentes bebidas. Foram analisadas 188 amostras, sendo 126 de cachaça (63 vindas da região sudeste, 39 da nordeste, 22 da sul e 2 da centro-oeste), 37 de tiquira, 6 de grapa e 19 de uísque. O valor médio de carbamato de etila nas amostras de cachaça foi 77 µg/L, variando de 13 a 5700 µg/L. Apenas

21% das amostras analisadas apresentaram teores abaixo de 150 µg/L. Os autores também analisaram os dados estratificados em tipo de destilação. As amostras destiladas em alambique de cobre apresentaram um maior percentual com teor de carbamato de etila menor que 150 µg/L. Em faixas mais altas de concentração, observou-se um crescente aumento das amostras destiladas em coluna de aço inoxidável. O teor médio de carbamato de etila nas amostras destiladas em alambique de cobre foi de 63 µg/L, enquanto que, para as amostras destiladas em coluna de aço, a média foi de 93 µg/L.

## **4.2. Avaliação sensorial descritiva da cachaça e aguardente**

### **4.2.1. Recrutamento e pré-seleção da equipe de provadores**

Foram recrutadas 50 pessoas que se mostraram dispostas a participar do trabalho por meio de formulário (Anexo 1). Todos mostraram ter conhecimento satisfatório sobre atributos sensoriais presentes em bebidas e tiveram bom desempenho no uso da escala não estruturada, mostrando pequenos desvios com relação ao valor correto.

Todos os 50 candidatos realizaram os testes triangulares. As retas de aceitação e de rejeição obtidas através do teste sequencial para a seleção dos julgadores foram  $R_n = -1,642 + 0,495 \cdot n$  e  $A_n = 2,107 + 0,495 \cdot n$ , sendo  $n$  o número de testes realizados. Foram pré-selecionados 27 candidatos que entraram na faixa de aceitação após, no mínimo, 4 testes. Os provadores que permaneceram na faixa de continuação após 10 testes ou entraram na faixa de rejeição com menor número de testes foram rejeitados. Na Figura 7 é mostrado exemplos do desempenho de alguns candidatos durante os teste de pré-seleção. Neste caso, o provador 1 foi aceito após 4 teste; o provador 2 foi rejeitado após 10 testes, pois não atingiu a faixa de aceitação; e o provador 3 foi rejeitado após 8 testes, pois entrou na faixa de rejeição.

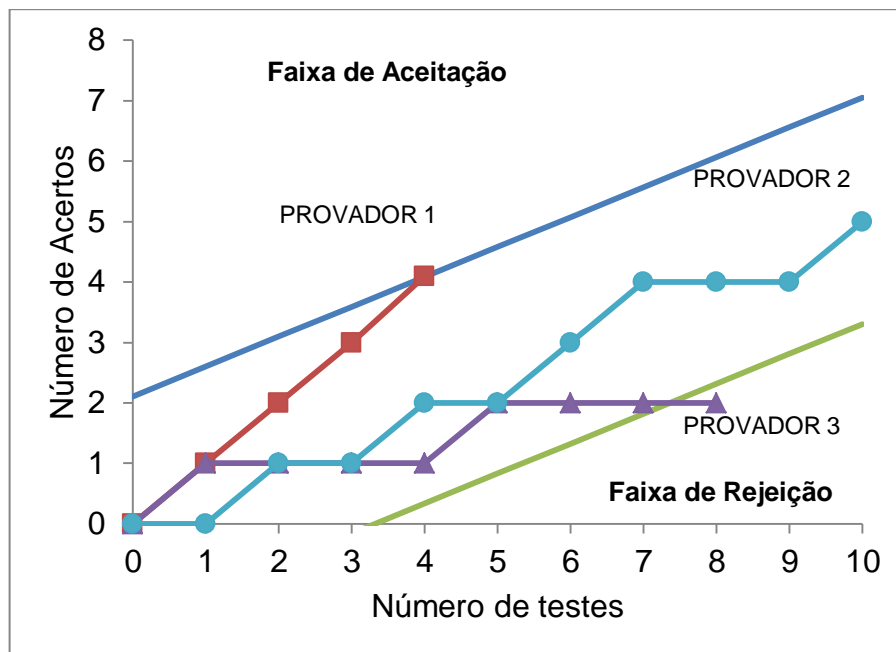


Figura 7 - Exemplo da aplicação do Método Sequencial de Wald na pré-seleção dos provedores.

#### 4.2.2. Seleção da equipe de provedores

Foram realizados testes complementares para a pré-seleção da equipe de provedores. Dos 27 candidatos pré-selecionados, 24 realizaram esta segunda etapa. Os demais foram dispensados por terem faltado às seções ou por não terem concluído os testes em sua totalidade.

Todos os 24 candidatos foram aprovados seguindo as regras de decisão apresentadas na metodologia. O desempenho dos candidatos nos testes complementares está sintetizado na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado dos testes complementares de pré-seleção dos candidatos

PROVADOR	VISUALIZAÇÃO DE COR	INTENSIDADE DE COR	IDENTIFICAÇÃO DE GOSTO	ORDENAÇÃO DE AROMA	DESCRIÇÃO DE AROMA	TOTAL
1	100%	100%	6/6	100%	Satisfatório	5/5
2	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
3	100%	100%	3/6	100%	Satisfatório	4/5
4	100%	100%	3/6	100%	Satisfatório	4/5
5	100%	100%	2/6	100%	Satisfatório*	4/5
6	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
7	100%	100%	5/6	100%	Satisfatório	5/5
8	100%	100%	6/6	100%	Satisfatório	5/5
9	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
10	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
11	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
12	100%	100%	3/6	100%	Satisfatório	4/5
13	100%	100%	5/6	100%	Satisfatório	5/5
14	100%	100%	2/6	100%	Satisfatório*	4/5
15	100%	100%	1/6	100%	Satisfatório	4/5
16	100%	100%	6/6	100%	Satisfatório	5/5
17	100%	100%	5/6	100%	Satisfatório	5/5
18	100%	100%	5/6	100%	Satisfatório	5/5
19	100%	100%	2/6	100%	Satisfatório*	4/5
20	100%	100%	3/6	100%	Satisfatório	4/5
21	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório	5/5
22	100%	100%	5/6	100%	Satisfatório	5/5
23	100%	100%	4/6	100%	Satisfatório*	5/5
24	100%	100%	6/6	100%	Satisfatório	5/5
25	100%	100%	2/6	100%	Satisfatório	4/5
26	100%	100%	3/6	100%	Satisfatório	4/5

\* Após uma repetição

Os testes complementares de seleção dos provadores, apesar de não ter eliminado nenhum candidato, foram úteis para conhecer os pontos onde havia maior dificuldade e aqueles candidatos que deveriam receber maior atenção durante as etapas seguintes de seleção e treinamento.

#### **4.2.3. Levantamento de atributos e desenvolvimento de ficha de avaliação**

Todos os 24 provadores pré-selecionados fizeram a análise das 21 marcas de cachaça e aguardente, avaliando a presença ou ausência dos atributos (Figura 6), além de dar sugestões de atributos não listados.

Os atributos que foram apontados como presentes em uma marca por mais de 50% dos provadores foram selecionados para compor a ficha de análise. São eles: coloração amarela, oleosidade, aroma alcoólico, aroma de caldo de cana, aroma de madeira, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico, sabor de madeira, sabor adstringente e sabor pungente, totalizando 15 atributos.

A equipe, em consenso, considerou que o atributo aroma de caldo de cana fermentado, por sua característica e para melhor reconhecimento pelos provadores, deveria ser considerado como aroma de caldo de cana.

Em consenso com a equipe, por meio de discussões abertas, foram estabelecidos padrões de referência para cada um dos atributos, nas intensidades fraca e forte ou ausente e forte. A Tabela 10 mostra todos os atributos com sua definição e padrões de referência. Procurou-se utilizar compostos naturais ou químicos sintéticos de alto grau de pureza e de fácil aquisição e que apresentem relativa estabilidade para o desenvolvimento dos padrões. O extrato de madeira foi produzido por fervura, em refluxo, de 50 gramas de lascas de madeira – neste caso, Canela Sassafrás (*Ocotea odorífera*) – em 300 mL de solução hidroalcoólica (50% v/v) por uma hora.

Após o levantamento dos atributos, foi desenvolvida a ficha de análise (Figura 8). Adotou-se a ficha com escala não estruturada de 15 cm de comprimento, utilizada por YOKOTA (2005).

Tabela 10 - Lista dos atributos selecionados com seus padrões de referência

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA
<b>Aparência</b>		
Coloração amarela	Coloração amarela translúcida característica de cerveja tipo "pilsen" sem gás e sem espuma, em um cálice transparente	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 0,2 g/L de corante tartrazina e 2 g/L de corante caramelo
Oleosidade	Característica oleosa, observada no deslocamento da bebida pela taça após leve agitação	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 10% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 54% vol com 10% de glicerina
<b>Aroma</b>		
Aroma alcoólico	Aroma característico de etanol	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 54% vol
Aroma de caldo de cana	Aroma característico do caldo de cana	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 10% de melado de cana
Aroma de madeira	Aroma característico da madeira utilizada no tonel para envelhecimento da cachaça	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 10% vol de extrato de madeira
Aroma de baunilha	Aroma característico de favas de baunilha	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 5 g/L de Vanilina
Aroma de compostos químicos	Aromas relacionados a solventes orgânicos, como cetona, formol, gasolina, diesel	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 0,05% de acetato de etila
Aroma de caramelo	Aroma característico de açúcar caramelizado, chocolate, mel	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 0,25% de aroma de caramelo IFF
<b>Sabor</b>		
Gosto doce	Gosto percebido pela mucosa oral semelhante aquele provocado pela sacarose	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 9 g/L de sacarose
Gosto ácido	Gosto associado ao ácido acético (que lembra vinagre)	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 0,1% de ácido acético
Gosto amargo	Gosto de quinina, característico de água tônica	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 0,75 g/L de cafeína
Sabor alcoólico	Sabor característico de etanol	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 54% vol
Sabor de madeira	Sabor característico promovido pela madeira utilizada no tonel para envelhecimento da cachaça	<b>Ausente:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 10% de extrato de madeira
Sabor adstringente	Sensação de secura na mucosa oral, semelhante àquela causada de forma intensa por certas frutas verdes, como o caqui e a banana	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 30% vol com 2 g/L de ácido tânico
Sabor pungente	Sabor agressivo, irritante, repulsivo.	<b>Fraco:</b> solução de etanol a 30% vol <b>Forte:</b> solução de etanol a 54% vol

### Teste Preliminar

Nome \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Por favor, faça um traço **vertical** na escala no ponto que melhor descreve a intensidade de cada característica da amostra de CACHAÇA.

**AMOSTRA:** \_\_\_\_\_

#### APARÊNCIA

COLORAÇÃO AMARELA:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Fraco Forte

OLEOSIDADE:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Fraco Forte

#### AROMA

AROMA ALCOÓLICO:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Fraco Forte

AROMA DE CALDO DE CANA FERMENTADO:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Ausente Forte

AROMA DE MADEIRA:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Ausente Forte

AROMA DE BAUNILHA:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Ausente Forte

AROMA DE COMPOSTOS QUÍMICOS:

\_\_\_|\_\_\_\_\_ |\_\_\_  
Ausente Forte

AROMA DE CARAMELO:

—|\_\_\_\_\_—|  
Ausente Forte

**SABOR**

GOSTO DOCE:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

GOSTO ÁCIDO:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

GOSTO AMARGO:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

SABOR ALCOÓLICO:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

SABOR DE MADEIRA:

—|\_\_\_\_\_—|  
Ausente Forte

SABOR ADSTRINGENTE:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

SABOR PUNGENTE:

—|\_\_\_\_\_—|  
Fraco Forte

**Obrigado!**

Figura 8 - Ficha de análise sensorial de cachaça.

#### **4.2.4. Treinamento e seleção final dos provadores**

Os provadores foram treinados para a realização das avaliações sensoriais. O treinamento consistiu de, no mínimo, três seções, em que eram apresentados todos os padrões desenvolvidos.

Após o treinamento, foi feita a seleção dos provadores por meio de avaliações descritivas de três amostras de marcas diferentes, em cinco repetições. Foram aprovados 10 provadores que apresentaram  $p(F)_{amostra} \leq 0,50$  e  $p(F)_{repetição} \geq 0,05$  (Tabela 10) para cada atributo. Os demais provadores foram dispensados por indisponibilidade de tempo para a realização dos testes ou por não terem atingido desempenho satisfatório na seleção.

Tabela 11 - Desempenho dos provadores para discriminação ( $p(F)_{amostra} \leq 0,50$ ) e repetibilidade ( $p(F)_{repetição} \geq 0,05$ ) entre as amostras

PROVADOR	p(F)	ATRIBUTOS														
		CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
1	Amostra	<0,0001	0,32	0,03	0,08	0,00	0,16	0,02	0,05	0,01	0,32	0,26	0,45	<0,0001	0,49	0,29
	Repetição	0,42	0,72	0,69	0,37	0,59	0,92	0,23	0,55	0,35	0,45	0,32	0,98	0,29	0,63	0,83
2	Amostra	<0,0001	0,49	0,21	0,06	<0,0001	0,07	0,00	0,00	0,29	0,47	0,02	0,07	<0,0001	0,23	0,10
	Repetição	0,72	0,71	0,46	0,68	0,18	0,45	0,53	0,22	0,50	0,48	0,17	0,29	0,18	0,64	0,60
3	Amostra	<0,0001	0,04	0,44	0,04	0,01	0,20	0,01	0,07	0,53	0,17	0,35	0,18	0,01	0,24	0,05
	Repetição	0,092	0,86	0,70	0,07	0,62	0,85	0,73	0,60	0,02	0,20	0,20	0,51	0,20	0,56	0,90
4	Amostra	<0,0001	0,33	0,00	0,06	0,43	0,03	0,34	<0,0001	0,00	<0,0001	0,08	0,01	0,37	0,15	0,01
	Repetição	0,39	0,78	0,24	0,17	0,57	0,96	0,38	0,18	0,16	0,50	0,25	0,28	0,49	0,58	0,36
5	Amostra	<0,0001	<0,0001	0,00	0,38	<0,0001	0,00	0,08	0,26	0,26	0,44	0,34	0,01	0,00	0,00	0,01
	Repetição	0,27	0,13	0,69	0,68	0,44	0,46	0,78	0,44	0,20	0,55	0,14	0,86	0,38	0,38	0,31
6	Amostra	<0,0001	0,00	0,41	0,03	<0,0001	0,04	0,04	0,11	0,34	0,22	0,00	0,02	<0,0001	0,22	0,02
	Repetição	0,14	0,26	0,12	0,37	0,51	0,66	0,05	0,97	0,42	0,84	0,18	0,39	0,38	0,93	0,32
7	Amostra	<0,0001	0,50	0,00	0,36	0,00	0,04	0,18	0,41	0,00	0,03	0,42	<0,0001	0,01	<0,0001	0,10
	Repetição	0,85	0,50	0,53	0,35	0,29	0,23	0,89	0,46	0,42	0,46	0,50	0,59	0,07	0,76	0,61
8	Amostra	<0,0001	0,45	0,01	0,04	0,01	0,15	0,13	0,02	0,10	0,00	0,26	0,29	0,01	0,09	0,29
	Repetição	0,82	0,87	0,13	0,24	0,50	0,15	0,68	0,22	0,58	0,23	0,28	0,54	0,49	0,39	0,22
9	Amostra	<0,0001	0,16	0,06	0,43	<0,0001	0,48	0,03	0,02	0,87	0,33	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00
	Repetição	0,74	0,56	0,72	0,54	0,35	0,38	0,22	0,21	0,09	0,53	0,18	0,34	0,49	0,16	0,07
10	Amostra	<0,0001	0,09	0,05	0,11	0,13	0,29	0,08	0,09	0,07	0,04	0,05	0,08	0,04	0,49	0,00
	Repetição	0,34	0,47	0,15	0,23	0,95	0,39	0,16	0,69	0,41	0,58	0,50	0,65	0,73	0,82	0,71

CAM – Coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; BAU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – sabor adstringente; PUN – sabor pungente.

#### 4.2.5. Estudo do número de provadores por equipe

Os 10 provadores treinados avaliaram sensorialmente amostras de quatro marcas de cachaça (marcas 4, 8, 10, 12), em quatro repetições. O mesmo esquema foi repetido por três vezes para cada provador, totalizando 12 repetições por marca por provador. As equipes formadas aleatoriamente estão representadas na Tabela 12. O resultado da equipe completa foi considerado com sendo o resultado de referência e os dados das demais equipes foram comparados a ele. O resumo da Análise de Variância (ANOVA) dos dados da análise descritiva quantitativa realizada pela equipe completa encontra-se na Tabela 13. Para esta seção, as marcas foram renomeadas, sendo que a marca 10 passa a ser a marca 1, marca 12 passa a ser a marca 2, marca 8 é a marca 3 e marca 4 continua como marca 4.

Tabela 12 - Formação das diferentes equipes de provadores treinados

Equipe	Nº Prov.	Provadores									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	8	X		X	X	X	X	X	X	X	
3			X	X	X		X	X	X	X	X
4		X	X	X	X		X		X	X	X
5		X	X		X	X	X	X	X	X	
6		X	X	X	X	X		X	X		X
7	6	X		X			X	X	X	X	
8		X	X	X	X				X		X
9			X	X			X	X		X	X
10		X	X	X	X	X			X		
11		X	X		X	X	X			X	
12	4			X	X	X		X			
13		X					X		X	X	
14			X		X		X				X
15		X		X		X		X			
16			X						X	X	X
17	3				X	X		X			
18		X		X						X	
19			X		X		X				
20								X	X		X
21			X	X			X				
22	2					X			X		
23			X				X				
24		X			X						
25				X							X
26								X		X	

Tabela 13 - Resumo da ANOVA dos escores dos atributos sensoriais de cachaça (equipe completa)

ATRIBUTO	FV	GL	QM	VS. RESÍDUO		VS. INTERAÇÃO	
				F	p	F	p
<b>Coloração Amarela</b>	MARCA	3	1379,30	1353,86	<0,0001	<b>175,34</b>	<b>&lt;0,0001*</b>
	PROV	9	10,62	10,42	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	7,87	7,72	<0,0001*		
	RES	120	1,01				
<b>Oleosidade</b>	MARCA	3	31,05	<b>8,24</b>	<b>&lt;0,0001*</b>		
	PROV	9	179,28	47,58	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	5,25	1,39	0,1159 <sup>ns</sup>		
	RES	120	3,77				
Aroma Alcoólico	MARCA	3	14,96	2,28	0,0824	1,04	0,3892 <sup>ns</sup>
	PROV	9	75,52	11,53	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	14,33	2,19	0,0021*		
	RES	120	6,55				
Aroma Cana	MARCA	3	7,91	1,95	0,1248 <sup>ns</sup>		
	PROV	9	105,95	26,16	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	4,82	1,19	0,2582 <sup>ns</sup>		
	RES	120	4,05				
<b>Aroma Madeira</b>	MARCA	3	470,73	99,11	<0,0001	<b>23,78</b>	<b>&lt;0,0001*</b>
	PROV	9	105,29	22,17	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	19,80	4,17	<0,0001*		
	RES	119	4,75				
Aroma Baunilha	MARCA	3	8,42	1,54	0,2079 <sup>ns</sup>		
	PROV	9	123,98	22,67	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	7,84	1,43	0,0972 <sup>ns</sup>		
	RES	119	5,47				
<b>Aroma Químicos</b>	MARCA	3	132,43	21,65	<0,0001	<b>5,52</b>	<b>0,0044*</b>
	PROV	9	117,88	19,27	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	24,00	3,92	<0,0001*		
	RES	120	6,12				
<b>Aroma Caramelo</b>	MARCA	3	12,88	<b>3,72</b>	<b>0,0133*</b>		
	PROV	9	42,88	12,4	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	5,00	1,45	0,0921 <sup>ns</sup>		
	RES	120	3,46				
Gosto Doce	MARCA	3	8,14	1,13	0,3401	0,58	0,6306 <sup>ns</sup>
	PROV	9	128,30	17,79	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	13,94	1,93	0,0085*		
	RES	119	7,21				

Tabela 13 - continuação

ATRIBUTO	FV	GL	QM	VS. RESÍDUO		VS. INTERAÇÃO	
				F	p	F	p
Gosto ácido	MARCA	3	7,54	1,43	0,2377	0,53	0,6667 <sup>ns</sup>
	PROV	9	202,41	38,38	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	14,27	2,71	0,0001*		
	RES	120	5,27				
<b>Gosto Amargo</b>	MARCA	3	19,78	<b>3,93</b>	<b>0,0103*</b>		
	PROV	9	128,70	25,55	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	6,57	1,3	0,1675 <sup>ns</sup>		
	RES	119	5,04				
Sabor Alcoólico	MARCA	3	5,72	1,38	0,2521	0,48	0,7014 <sup>ns</sup>
	PROV	9	151,90	36,67	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	12,01	2,9	<0,0001*		
	RES	119	4,14				
<b>Sabor Madeira</b>	MARCA	3	392,24	96,54	<0,0001	<b>19,87</b>	<b>&lt;0,0001*</b>
	PROV	9	136,86	33,69	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	19,74	4,86	<0,0001*		
	RES	120	4,06				
Adstringência	MARCA	3	5,90	1,1	0,3512	0,69	0,5662 <sup>ns</sup>
	PROV	9	142,39	26,61	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	8,55	1,6	0,0457*		
	RES	120	5,35				
Pungência	MARCA	3	4,83	0,89	0,4469	0,33	0,8044 <sup>ns</sup>
	PROV	9	203,50	37,63	<0,0001		
	MARCA *PROV	27	14,68	2,72	0,0001*		
	RES	120	5,41				

Foram realizadas as análises de variância, teste de amplitude múltipla de Duncan (Tabela 14) e análise de componentes principais (Tabela 15) dos escores das equipes com número reduzido de provadores. As médias dos atributos por marca são representadas em gráficos radiais nas Figuras 9 a 14. As análises de componentes principais para as equipes reduzidas são representadas nas Figuras 15 a 19.

Tabela 14 - Médias dos atributos sensoriais de cachaça por marca e por equipe

Equipe	Atributos Marcas	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
1	1	9,2 b	9,3 ab	8,3 ab	3,5 ab	8,3 a	4,1 a	3,3 b	2,9 a	6,6 a	4,7 a	4,8 b	7,9 a	7,9 a	5,2 a	5,4 a
	2	12,0 a	10,2 ab	7,4 b	3,3 ab	8,8 a	4,0 a	3,6 b	2,2 ab	6,5 a	4,5 a	6,3 a	7,8 a	8,2 a	6,1 a	5,3 a
	3	1,3 c	8,1 c	8,8 a	4,1 a	3,1 b	3,4 a	4,4 b	2,2 ab	7,3 a	4,9 a	5,4 ab	8,2 a	2,7 b	6,0 a	6,0 a
	4	0,0 d	8,9 bc	7,8 ab	3,1 b	2,0 c	3,1 a	7,3 a	1,5 b	7,4 a	3,9 a	6,1 a	7,3 a	2,6 b	5,7 a	5,3 a
2	1	8,7 b	9,4 a	6,6 b	3,9 a	7,6 a	4,1 a	3,1 c	2,8 a	5,4 a	3,8 a	5,6 a	6,8 b	7,8 a	5,5 a	5,1 a
	2	11,9 a	9,6 a	7,7 ab	3,8 a	7,4 a	3,3 ab	3,2 c	2,2 ab	5,0 a	3,8 a	5,4 a	7,5 ab	7,5 a	6,0 a	5,7 a
	3	1,8 c	8,4 b	8,0 a	4,2 a	2,5 b	2,5 b	4,7 b	1,8 bc	5,3 a	3,9 a	5,5 a	7,8 a	2,1 b	5,7 a	5,8 a
	4	0,0 d	7,7 b	8,3 a	4,7 a	1,0 c	2,9 b	6,2 a	1,1 c	4,8 a	3,2 a	6,2 a	7,1 ab	0,9 c	6,0 a	5,5 a
3	1	8,4 b	10,1 a	8,7 a	4,6 a	8,8 b	4,4 a	3,7 b	2,6 a	8,5 a	4,9 ab	5,8 a	9,5 a	9,1 b	7,0 a	7,7 a
	2	11,9 a	10,5 a	8,3 a	4,6 a	9,7 a	4,0 ab	3,6 b	2,7 a	7,9 a	5,6 a	6,5 a	9,0 a	9,9 a	7,7 a	7,5 a
	3	1,6 c	10,2 a	9,2 a	5,3 a	4,5 c	3,8 ab	4,7 b	1,5 b	8,3 a	4,8 ab	6,6 a	8,7 a	4,1 c	6,9 a	7,1 a
	4	0,0 d	10,5 a	8,5 a	4,3 a	2,6 d	3,2 b	8,7 a	1,2 b	7,6 a	4,6 b	6,1 a	8,5 a	2,4 d	6,0 b	6,7 a
4	1	8,7 b	9,6 ab	7,5 a	4,7 a	9,0 a	4,0 ab	3,7 b	3,4 a	7,7 a	6,1 ab	6,3 b	9,3 a	9,0 a	6,8 a	6,9 ab
	2	11,3 a	10,4 a	7,5 a	4,8 a	9,3 a	4,3 a	3,6 b	2,9 a	7,7 a	5,6 ab	7,3 ab	9,5 a	9,0 a	7,1 a	6,7b
	3	1,4 c	9,4 b	8,1 a	4,5 ab	3,4 b	3,2 b	4,6 b	2,7 a	6,8 a	6,3 a	6,7 ab	9,9 a	3,6 b	7,5 a	7,8 a
	4	0,1 d	9,7 ab	7,7 a	3,5 b	2,5 c	3,3 ab	9,3 a	1,5 b	7,8 a	4,9 b	7,7 a	8,4 b	2,4 c	7,2 a	6,9 ab
5	1	9,8 b	9,2 ab	7,5 a	2,6 a	8,6 a	4,4 a	2,1 c	3,1 a	6,2 a	3,6 a	4,6 b	7,1 a	8,4 a	4,6 b	4,4 a
	2	12,2 a	10,0 a	6,9 a	3,2 a	8,1 a	3,6 ab	2,8 c	2,5 ab	5,8 a	4,2 a	5,8 ab	6,7 a	8,5 a	5,7 ab	4,5 a
	3	1,3 c	7,4 c	8,1 a	3,5 a	2,6 b	3,0 b	4,0 b	2,5 ab	6,7 a	4,2 a	4,7 b	7,1 a	2,2 b	4,9 b	4,7 a
	4	0,0 d	8,6 b	8,1 a	3,2 a	0,8 c	3,1 ab	6,3 a	1,6 b	6,7 a	4,3 a	6,6 a	7,4 a	1,3 c	6,1 a	5,6 a
6	1	8,6 b	9,6 ab	8,7 a	3,9 a	7,5 a	3,8 a	3,9 b	2,2 a	6,8 a	5,3 a	5,9 a	7,6 b	7,5 a	5,9 b	5,4 a
	2	11,7 a	9,9 a	8,5 a	3,5 a	7,9 a	3,3 a	3,7 b	2,2 a	6,1 a	5,1 a	6,3 a	8,4 ab	7,8 a	7,1 a	5,8 a
	3	1,8 c	9,2 ab	9,3 a	3,8 a	4,2 b	2,9 a	4,2 b	1,7 ab	6,6 a	5,0 a	5,6 a	8,7 a	4,0 b	6,2 ab	5,9 a
	4	0,0 d	8,9 b	8,3 a	4,1 a	2,6 c	2,8 a	7,4 a	1,2 b	5,7 a	4,3 a	6,0 a	7,6 b	2,3 c	6,1 b	5,0 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan. CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Tabela 14 – continuação

Equipe	Atributos	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
	Marcas															
7	1	8,4 b	8,3 ab	6,8 a	5,0 ab	8,5 a	4,5 a	2,5 d	2,7 a	5,8 a	2,7 ab	6,4 a	8,7 a	8,5 a	6,9 a	7,4 a
	2	11,9 a	8,6 a	7,5 a	4,0 b	8,6 a	3,4 ab	3,5 c	1,9 b	6,0 a	3,4 a	6,1 a	8,0 ab	9,1 a	6,9 a	7,0 ab
	3	1,7 c	8,0 ab	8,0 a	5,4 a	2,4 b	3,0 b	4,8 b	1,3 b	6,8 a	2,9 ab	6,9 a	8,0 ab	2,1 b	6,5 ab	6,9 ab
	4	0,1 d	7,5 b	7,7 a	4,1 b	0,9 c	2,9 b	7,0 a	0,6 c	6,1 a	2,4 b	6,4 a	7,6 b	1,1 c	5,6 b	6,3 b
8	1	8,5 b	9,9 a	8,4 a	4,4 ab	8,6 a	3,9 a	4,4 b	3,1 a	7,2 a	6,6 a	6,1 b	9,0 b	8,6 a	6,9 a	6,0 b
	2	10,4 a	10,8 a	8,4 a	4,3 ab	8,8 a	4,6 a	4,2 b	2,8 ab	7,4 a	6,1 a	7,1 ab	9,8 ab	8,4 a	7,4 a	6,2 ab
	3	1,6 c	10,0 a	9,2 a	4,9 a	4,5 b	2,8 b	5,3 b	2,1 b	5,9 a	7,0 a	6,9 ab	10,2 a	4,7 b	7,8 a	7,3 a
	4	0,1 d	9,9 a	9,5 a	3,6 b	3,3 b	2,5 b	9,5 a	1,1 c	7,5 a	5,8 a	7,3 a	8,9 b	3,2 c	7,0 a	6,5 ab
9	1	9,3 b	9,6 ab	8,6 a	4,0 a	8,5 b	4,0 a	3,2 b	2,2 a	8,5 a	4,2 a	4,7 a	8,9 a	9,1 a	6,0 a	6,9 a
	2	12,2 a	10,2 a	7,8 ab	3,9 a	9,7 a	4,2 a	3,9 b	1,8 a	8,2 a	3,6 a	6,2 a	8,3 ab	9,3 a	6,7 a	6,9 a
	3	1,7 c	8,6 b	8,6 a	3,5 a	4,0 c	3,9 a	3,2 b	1,6 a	8,8 a	3,8 a	6,2 a	7,9 ab	3,8 b	5,9 a	6,6 a
	4	0,0 d	8,9 b	6,6 b	3,4 a	2,6 d	3,6 a	7,6 a	1,4 a	7,4 a	3,6 a	5,9 a	7,2 b	2,7 c	5,8 a	5,8 a
10	1	8,8 b	8,5 b	7,5 b	3,4 a	7,6 a	3,6 a	3,1 c	2,8 a	5,4 a	5,1 a	5,5 b	7,6 a	7,8 a	5,6 b	4,8 b
	2	11,6 a	9,7 a	7,8 ab	3,9 a	6,6 b	3,4 a	3,3 c	2,9 a	5,2 a	5,8 a	5,3 b	7,5 a	7,7 a	6,7 a	4,5 b
	3	1,6 c	8,2 b	8,8 ab	4,1 a	3,6 c	2,2 b	5,2 b	2,5	5,5 a	5,4 a	5,5 b	8,1 a	3,5 b	6,3 ab	5,4 ab
	4	0,0 d	8,4 b	9,0 a	3,5 a	1,2 d	1,9 b	7,8 a	1,3 b	5,4 a	5,3 a	7,1 a	7,7 a	1,8 c	7,2 a	6,0 a
11	1	9,6 b	8,6 ab	6,4 a	3,6 a	8,3 a	3,6 a	1,5 c	3,3 a	6,7 a	5,1 a	4,9 ab	7,5 a	8,3 a	4,2 a	4,8 a
	2	12,2 a	9,2 a	6,1 a	3,7 a	8,2 a	3,0 a	1,6 c	3,0 a	6,2 a	5,2 a	5,5 ab	7,4 a	8,0 a	5,0 a	4,8 a
	3	1,2 c	7,4 c	7,2 a	3,5 a	1,9 b	2,7 a	3,0 b	2,5 ab	6,3 a	5,1 a	4,6 b	8,2 a	1,5 b	4,6 a	5,6 a
	4	0,0 d	7,8 bc	7,1 a	3,8 a	0,5 c	3,2 a	7,1 a	1,4 b	6,1 a	4,8 a	6,0 a	7,8 a	0,1 c	5,1 a	5,6 a

As médias seguidas de pelo menos um mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan. CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Tabela 14 - continuação

Equipe	Atributos	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
	Marcas															
12	1	8,1 b	10,1 a	7,2 a	2,7 a	5,3 a	2,6 a	4,3 a	2,6 a	4,6 b	4,9 a	3,6 a	6,4 bc	4,7 a	5,1 a	3,0 ab
	2	10,8 a	9,8 ab	6,9 a	2,5 a	6,8 a	2,4 a	4,3 a	1,8 a	5,7 ab	3,8 ab	5,0 a	7,5 ab	5,1 a	5,6 a	3,6 ab
	3	2,1 c	8,8 bc	8,1 a	3,8 a	1,9 b	2,0 a	4,9 a	1,9 a	5,1 ab	5,0 a	4,0 a	7,9 a	0,8 b	5,9 a	4,2 a
	4	0,0 d	8,5 c	8,1 a	3,1 a	1,1 b	2,0 a	5,6 a	0,8 b	6,5 a	2,8 b	3,6 a	5,8 c	1,2 b	4,5 a	2,3 b
13	1	9,9 b	7,9 a	6,9 a	4,2 a	9,0 a	5,1 a	3,1 c	3,5 a	7,4 a	2,7 a	5,8 b	6,2 b	9,2 a	5,1 a	5,7 b
	2	13,0 a	9,1 a	7,5 a	3,6 a	9,4 a	4,1 ab	2,6 c	2,1 b	5,6 a	3,4 a	7,5 a	7,4 ab	9,8 a	6,1 a	6,3 ab
	3	1,2 c	6,5 b	8,0 a	4,3 a	2,6 b	3,1 b	4,6 b	2,1 b	6,6 a	2,8 a	5,8 b	7,4 ab	2,8 b	5,4 a	6,1 ab
	4	0,1 d	8,1 a	7,5 a	4,0 a	0,6 c	3,0 b	6,8 a	1,7 b	5,9 a	3,2 a	7,7 a	8,1 a	0,8 c	6,3 a	7,2 a
14	1	8,3 b	11,4 ab	8,9 a	5,1 a	11,0 a	5,7 a	2,9 c	3,9 a	9,3 a	7,5 ab	6,0 b	9,5 a	10,9 a	6,8 a	5,8 a
	2	11,8 a	12,2 a	9,9 a	5,4 a	9,3 b	5,5 a	3,0 c	3,1 ab	8,6 a	8,4 ab	6,4 b	9,6 a	10,0 a	7,6 a	6,8 a
	3	1,4 c	11,6 ab	10,3 a	6,1 a	5,6 c	4,6 a	6,1 b	2,8 ab	8,6 a	9,0 a	6,6 ab	9,5 a	5,0 b	8,0 a	7,0 a
	4	0,0 d	11,0 b	9,9 a	6,5 a	3,8 d	5,3 a	9,6 a	1,6 b	6,3 b	7,2 b	8,3 a	8,3 a	3,6 c	7,5 a	6,7 a
15	1	7,5 b	7,6 a	6,6 a	2,7 ab	5,7 a	2,6 a	2,7 c	1,4 a	5,2 a	2,0 a	3,3 a	6,2 a	5,6 a	4,4 ab	4,2 a
	2	10,2 a	7,7 a	6,5 a	2,5 b	5,9 a	1,7 a	4,0 ab	1,5 a	4,7 a	1,8 a	3,4 a	5,9 a	6,0 a	5,1 a	3,9 a
	3	1,7 c	6,6 ab	7,0 a	3,5 a	0,8 b	1,8 a	4,3 a	0,7 b	5,7 a	2,3 a	4,0 a	6,2 a	0,7 b	4,7 a	3,7 a
	4	0,0 d	5,8 b	7,6 a	2,8 ab	0,7 b	1,6 a	3,1 bc	0,7 b	6,0 a	1,9 a	2,2 b	5,4 a	0,5 b	3,5 b	2,6 b
16	1	8,1 b	11,0 a	8,6 a	4,1 ab	9,7 a	4,1 a	3,5 b	2,3 a	6,6 a	4,7 a	8,5 ab	10,5 a	10,1 a	8,4 a	9,0 a
	2	10,5 a	10,8 a	8,6 a	4,9 a	10,2 a	4,1 a	3,0 b	2,4 a	7,6 a	5,6 a	7,3 b	9,7 a	10,7 a	8,3 a	8,1 a
	3	1,3 c	10,9 a	9,7 a	4,1 ab	6,5 b	2,8 b	3,9 b	2,0 a	7,5 a	5,2 a	7,6 ab	9,9 a	6,4 b	7,6 a	8,8 a
	4	0,1 d	11,1 a	9,2 a	2,8 b	3,7 c	2,1 b	12,1 a	1,0 b	7,1 a	4,9 a	9,1 a	9,7 a	3,7 c	7,3 a	8,9 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan. CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Tabela 14 - continuação

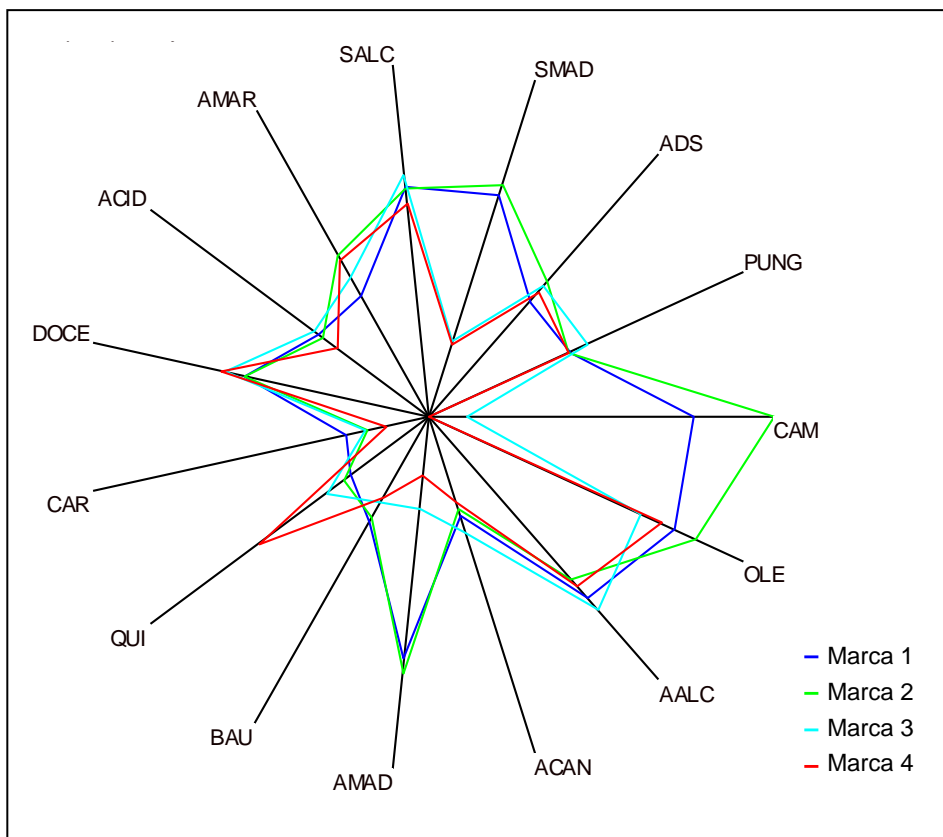
Equipe	Atributos	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
	Marcas															
17	1	10,0 b	10,8 a	7,9 a	2,2 b	7,0 a	3,4 a	2,2 a	2,0 ab	4,4 a	4,1 a	2,5 a	6,5 a	6,7 a	3,1 a	3,6 a
	2	11,0 a	10,8 a	5,4 b	2,5 ab	7,4 a	2,3 a	3,0 a	2,9 a	4,9 a	4,4 a	4,3 a	5,5 a	5,8 a	3,8 a	3,6 a
	3	1,4 c	7,8 b	7,6 ab	3,6 ab	1,9 b	3,2 a	2,8 a	1,9 ab	4,8 a	4,2 a	2,7 a	6,7 a	0,2 b	2,3 a	3,6 a
	4	0,0 d	8,8 b	8,5 a	4,7 a	0,8 b	3,9 a	4,1 a	0,7 b	6,3 a	4,0 a	2,5 a	6,7 a	0,4 b	3,5 a	3,3 a
18	1	8,2 b	5,0 b	5,0 b	3,2 a	5,9 a	1,6 a	2,7 b	2,4 a	6,3 a	2,4 b	3,6 b	7,8 a	6,9 a	4,0 a	5,9 a
	2	11,3 a	6,7 a	6,6 a	2,6 ab	6,5 a	1,2 ab	3,1 b	1,2 b	5,6 a	3,1 a	4,7 ab	7,4 a	7,3 a	3,8 a	5,9 a
	3	1,2 c	5,2 b	6,6 a	2,7 ab	1,1 b	1,0 ab	4,0 b	0,6 b	6,3 a	2,6 ab	5,2 a	7,4 a	1,1 b	3,8 a	6,0 a
	4	0,0 d	5,2 b	5,7 ab	2,1 b	0,6 b	0,9 b	6,0 a	0,4 b	5,3 a	2,6 ab	3,6 b	7,2 a	0,7 b	3,9 a	6,1 a
19	1	10,0 b	10,7 a	8,8 a	3,8 a	8,9 a	5,1 ab	3,7 b	4,3 a	7,4 a	8,5 a	4,9 a	8,7 a	9,3 a	6,4 a	4,2 b
	2	13,2 a	11,6 a	7,7 a	3,5 a	10,8 a	6,8 a	2,7 b	3,3 ab	8,3 a	6,6 a	5,9 a	9,6 a	9,1 a	7,1 a	4,2 b
	3	2,0 c	10,2 a	9,0 a	5,1 a	3,8 b	4,6 b	4,7 b	2,8 ab	6,6 a	7,9 a	6,6 a	9,6 a	3,7 b	8,0 a	6,3 a
	4	0,1 d	10,7 a	8,7 a	4,6 a	1,2 c	3,3 b	9,2 a	2,0 b	7,1 a	5,7 a	6,8 a	7,7 a	1,2 c	6,3 a	4,9 ab
20	1	7,9 b	11,7 a	9,3 a	4,9 a	9,0 a	4,8 a	3,8 bc	1,7 a	9,0 a	5,2 a	8,1 a	9,4 a	8,8 a	8,3 a	8,3 a
	2	12,1 a	11,7 a	9,5 a	4,7 a	10,0 a	5,3 a	5,4 b	2,1 a	7,9 a	4,5 a	9,1 a	10,4 a	10,1 a	10,0 a	9,2 a
	3	2,2 c	11,6 a	10,3 a	4,3 a	6,2 b	4,1 a	2,6 c	1,8 a	8,3 a	4,3 a	7,5 a	9,8 a	6,8 b	9,0 a	8,3 a
	4	0,1 d	11,5 a	7,5 b	2,8 b	5,5 b	4,8 a	7,6 a	1,6 a	10,3 a	3,7 a	8,4 a	8,0 b	5,6 b	8,2 a	6,5 b
21	1	10,8 b	9,7 a	8,3 a	6,1 ab	9,7 a	4,4 a	3,5 c	2,9 ab	9,3 a	4,8 a	6,0 b	8,1 a	8,9 a	7,7 a	5,2 a
	2	12,6 a	10,3 a	8,7 a	6,7 a	9,1 a	3,6 a	3,2 c	3,0 ab	9,2 a	4,5 a	7,9 a	8,0 a	9,2 a	9,3 a	5,9 a
	3	2,0 c	8,8 a	9,1 a	5,0 bc	3,6 b	3,8 a	4,6 b	3,8 a	8,3 a	4,9 a	7,4 ab	7,9 a	3,2 b	7,5 a	5,4 a
	4	0,0 d	9,2 a	7,8 a	4,1 c	0,5 c	4,1 a	9,8 a	2,0 b	6,4 b	5,3 a	8,4 a	7,6 a	0,9 c	8,1 a	5,9 a

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.  
CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Tabela 14 - continuação

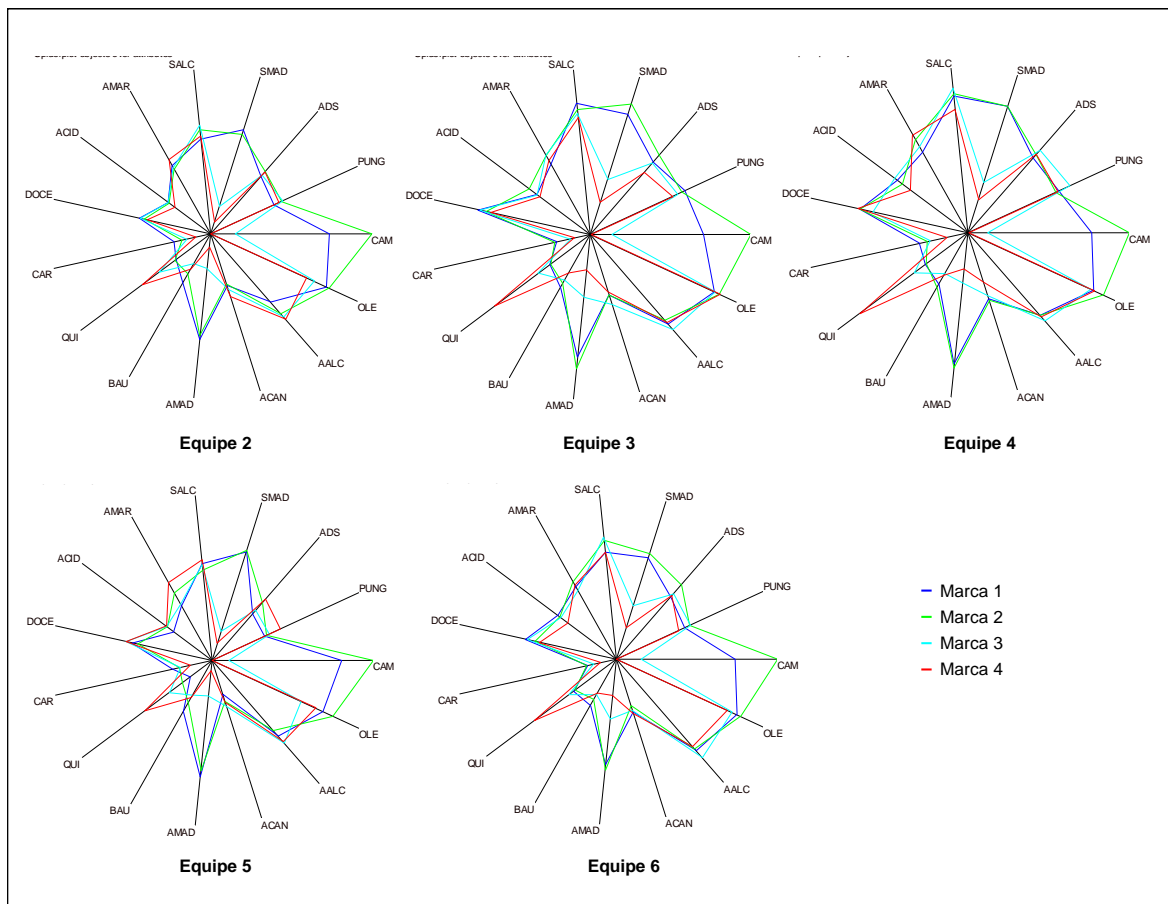
Equipe	Atributos	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	SAD	PUN
	Marcas															
22	1	7,1 b	9,8 ab	8,1 ab	4,7 ab	7,0 a	5,5 a	3,7 c	3,2 ab	4,5 b	3,8 a	6,6 a	6,5 ab	6,9 a	6,8 a	6,3 a
	2	11,1 a	10,3 a	6,5 b	5,0 ab	6,9 a	4,4 a	3,1 c	3,4 a	3,8 b	3,6 a	6,2 a	5,3 b	7,6 a	7,0 a	4,7 b
	3	1,3 c	8,8 b	9,8 a	6,0 a	3,6 b	3,4 ab	5,9 b	3,0 ab	7,8 a	3,8 a	6,7 a	7,5 a	3,3 b	7,4 a	6,8 a
	4	0,1 d	9,0 b	8,6 ab	3,1 b	1,6 c	1,6 b	8,5 a	1,2 b	7,6 a	3,2 a	7,2 a	7,5 a	3,5 b	7,8 a	6,7 a
23	1	11,6 b	9,5 ab	7,8 bc	5,2 a	11,2 a	4,8 a	1,3 c	4,2 a	10,3 a	4,4 a	6,6 ab	6,7 a	10,9 a	5,7 b	3,7 a
	2	13,3 a	10,9 a	9,3 ab	4,7 a	10,9 a	4,7 a	2,0 bc	2,4 a	8,6 ab	6,4 a	8,0 a	7,7 a	11,5 a	8,7 a	4,6ca
	3	1,4 c	8,5 b	10,5 a	4,3 a	4,9 b	3,6 a	3,6 b	2,5 a	10,0 a	5,7 a	5,4 b	6,8 a	5,4 b	5,7 b	4,0 a
	4	0,0 d	10,4 ab	6,8 c	4,0 a	0,1 c	3,7 a	8,3 a	3,4 a	7,7 b	5,2 a	8,3 a	5,8 a	0,2 c	7,1 ab	3,8 a
24	1	9,6 b	8,4 b	6,1 a	1,0 b	9,3 a	4,9 a	1,7 b	4,1 a	4,8 a	6,6 a	2,9 b	7,5 a	9,1 a	2,6 b	1,6 b
	2	12,1 a	9,7 a	7,2 a	2,8 ab	6,7 a	4,4 a	2,6 ab	3,7 a	4,4 a	8,3 a	3,5 b	8,8 a	7,6 a	4,7 ab	3,8 ab
	3	1,3 c	7,9 bc	7,1 a	3,2 ab	1,1 b	1,9 b	5,0 a	3,4 a	3,0 a	7,7 a	3,3 b	9,3 a	1,4 b	4,1 ab	4,2 ab
	4	0,0 c	7,1 c	9,3 a	5,6 a	1,2 b	4,0 ab	4,7 a	1,9 a	3,4 a	8,6 a	7,0 a	8,9 a	0,9 b	5,4 a	5,2 a
25	1	5,3 b	9,5 a	10,2 a	5,8 a	7,4 a	3,8 a	7,4 a	1,9 a	9,3 a	7,8 a	6,2 a	9,5 a	7,8 a	8,1 a	9,2 a
	2	9,1 a	11,0 a	9,2 a	6,9 a	7,4 a	3,3 a	7,4 a	1,5 a	8,0 a	7,6 a	7,2 a	9,7 a	7,6 a	7,9 a	9,5 a
	3	1,5 c	10,7 a	10,2 a	6,2 a	6,9 a	4,8 a	7,3 a	1,1 a	9,5 a	7,5 a	6,7 a	10,3 a	5,9 b	9,3 a	10,0 a
	4	0,0 c	10,0 a	8,5 a	5,0 a	7,6 a	3,6 a	9,1 a	1,6 a	9,4 a	5,6 b	4,1 b	8,0 b	7,0 ab	5,6 b	7,0 b
26	1	7,2 b	9,4 a	5,9 a	1,3 ab	8,7 b	2,8 a	0,8 c	2,3 a	9,7 a	1,0 a	5,1 a	10,8 a	8,4 b	5,0 a	9,3 a
	2	11,5 a	8,0 a	5,9 a	0,7 ab	10,0 a	0,5 a	3,3 b	0,6 b	8,0 a	1,1 a	4,4 a	9,5 b	10,3 a	4,9 a	8,0 ab
	3	1,4 c	8,3 a	4,8 a	2,4 a	0,0 c	1,6 a	3,5 ab	0,0 b	9,3 a	1,6 a	4,1 a	8,2 c	0,0 c	5,3 a	6,6 bc
	4	0,0 d	9,0 a	5,9 a	0,4 b	0,0 c	2,4 a	5,3 a	0,0 b	10,0 a	0,5 a	5,5 a	7,8 c	0,0 c	4,7 a	5,5 c

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan. CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.



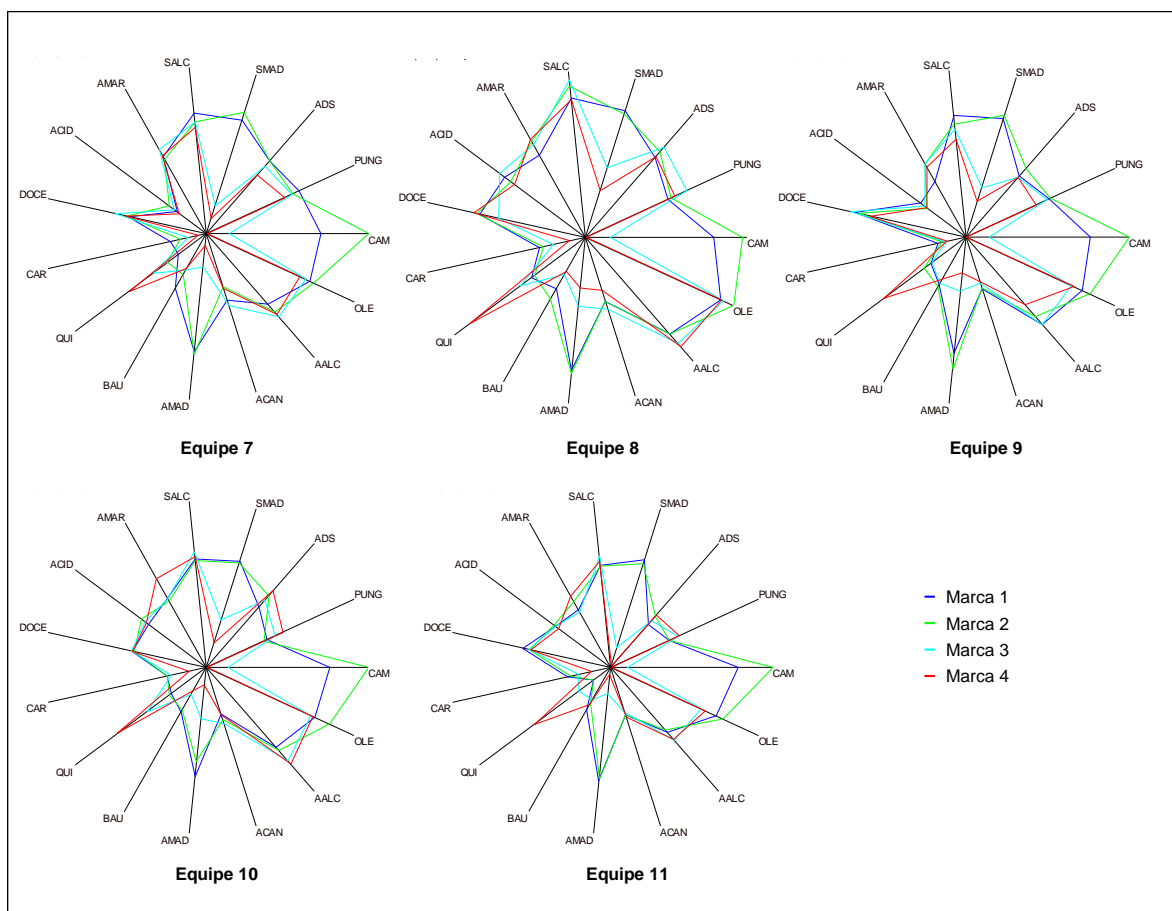
CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 9 - Perfil Sensorial das marcas analisadas pela equipe completa.



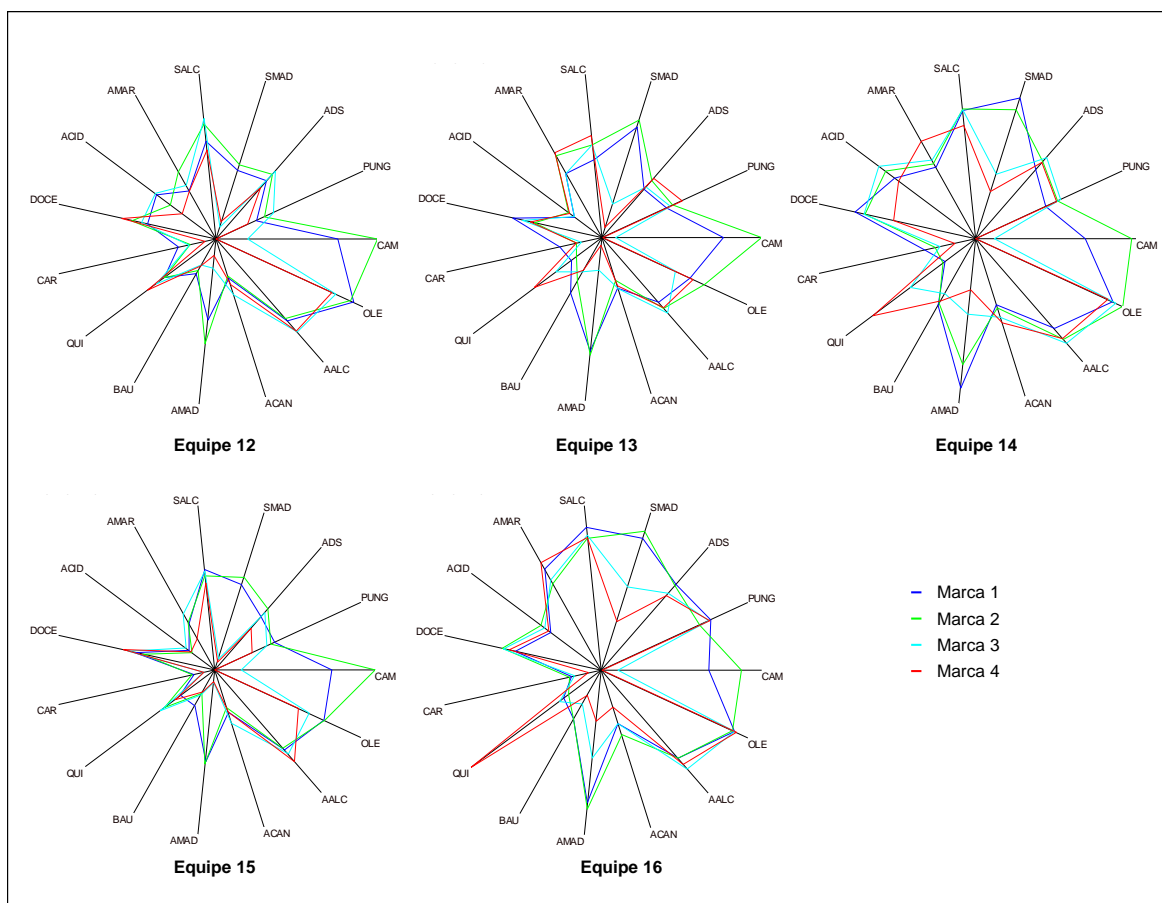
CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 10 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 8 provadores.



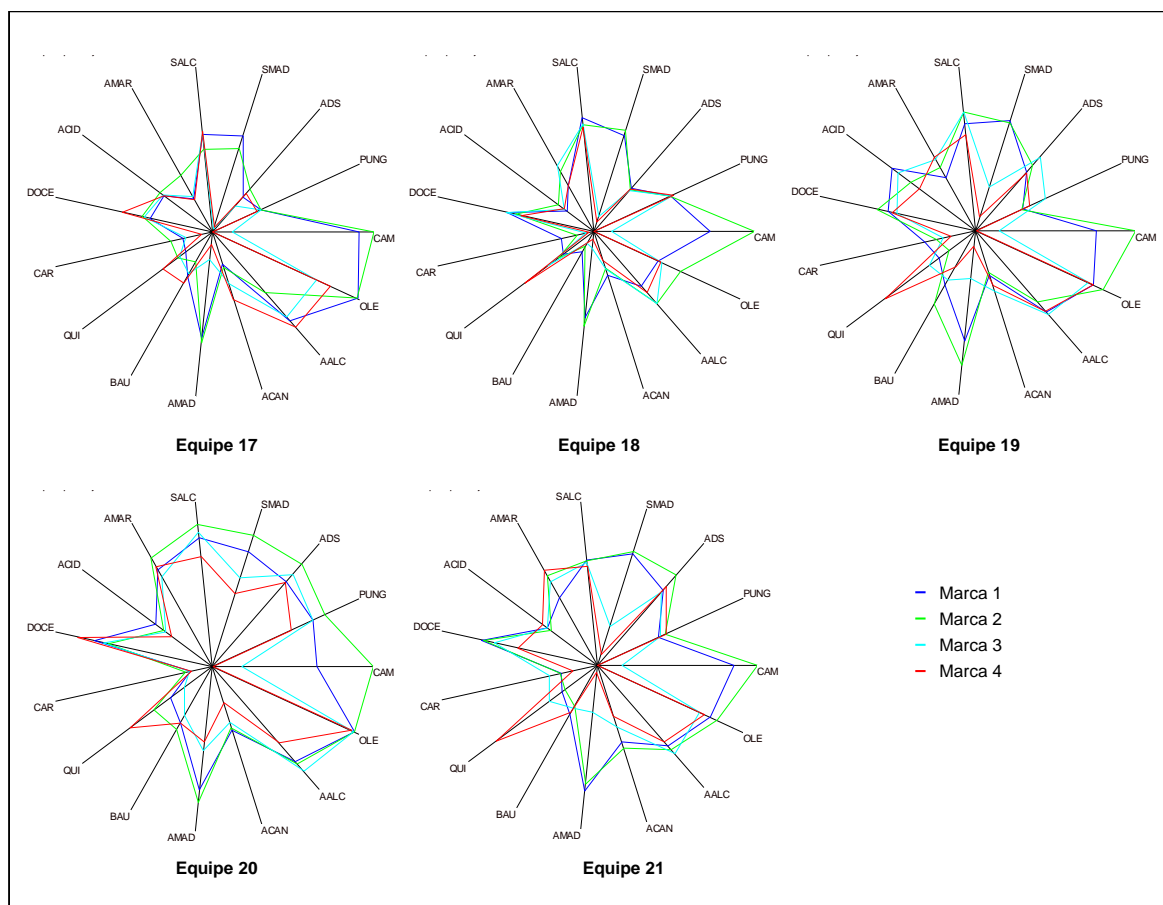
CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 11 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 6 provadores.



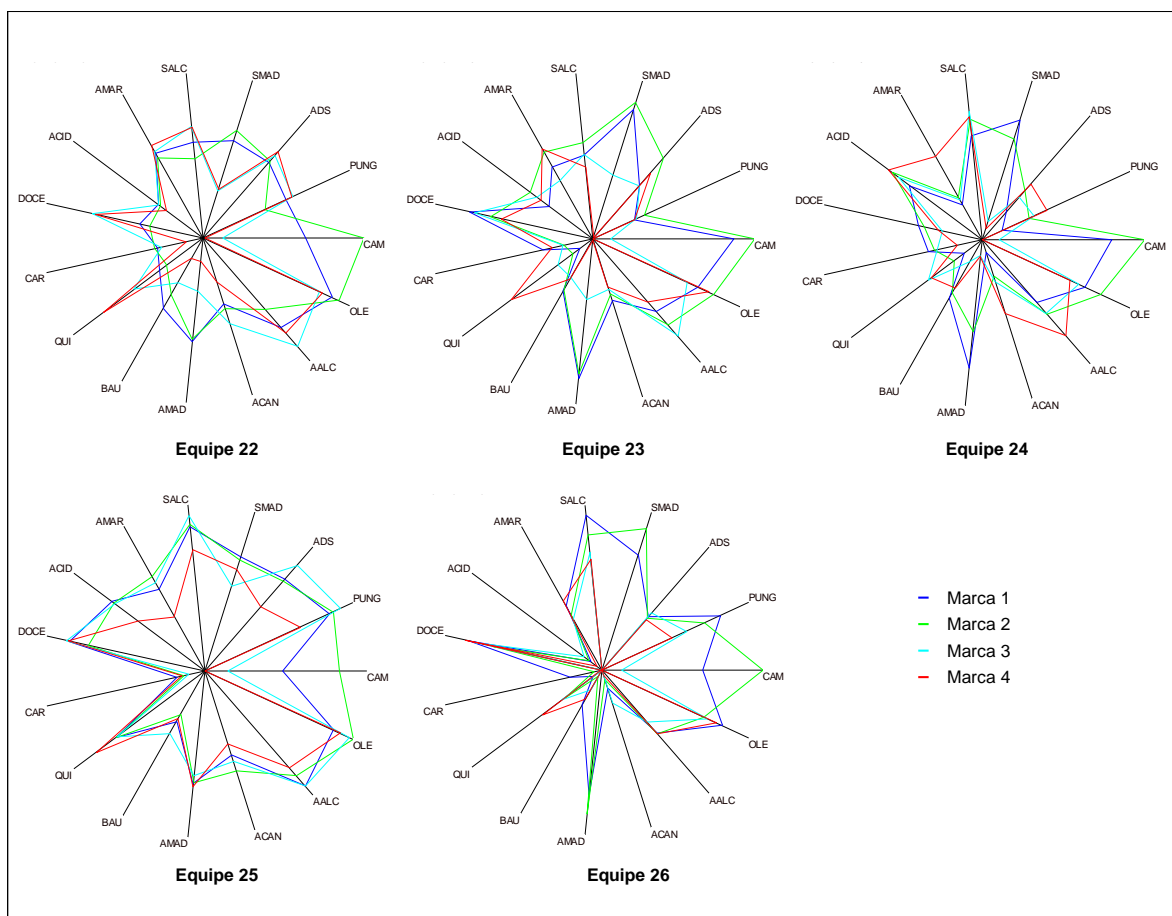
CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 12 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 4 provedores.



CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 13 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 3 provadores.



CAM – coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; ABU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – adstringência; PUN – pungência.

Figura 14 - Perfil Sensorial das marcas analisadas por equipes com 2 provedores.

Os atributos coloração amarela, aroma de madeira, aroma de compostos químicos e sabor de madeira, de um modo geral, foram os que mais contribuíram para a diferenciação das marcas nas diversas equipes formadas. Para os demais atributos não observou-se um padrão na diferenciação das marcas.

Analisando o comportamento das equipes com relação aos atributos mais relevantes na diferenciação das marcas, percebe-se, na Tabela 14, um padrão na formação de grupos. Para o atributo coloração amarela, foram formados quatro grupos distintos, sendo a Marca 2 a de maior intensidade, seguida pela Marca 1, Marca 3 e Marca 4. Foram formados dois grupos para o atributo aroma de madeira, sendo as Marcas 1 e 2 agrupadas e as Marcas 3 e 4 aparecendo ora formando um só grupo, ora separadas em dois grupos distintos. Com relação ao

atributo aroma de compostos químicos, há a diferenciação entre a Marca 4 e as demais marcas. Da mesma forma que para o atributo aroma de madeira, para o atributo sabor de madeira foi formado um grupo com as Marcas 1 e 2 e outro com as Marcas 3 e 4. O agrupamento das marcas feito pelas equipes reduzidas é semelhante ao realizado pela equipe completa para os atributos especificados. Segundo YOKOTA (2005), em estudos sensoriais esta é uma propriedade importante, visto que particularidades de cada provador podem afetar a sua avaliação.

Tabela 15 - Análise de componentes principais dos resultados das equipes sensoriais formadas

Equipe	Componente Principal 1		Componente Principal 2		% Total	Nº Prov
	%	Atributos Correlacionados*	%	Atributos Correlacionados*		
1	49.04	amad <sup>+</sup> , bau <sup>+</sup> , doce <sup>-</sup> , smad <sup>+</sup>	37.83	aal <sup>+</sup> , acan <sup>+</sup>	86.87	10
2	64.46	ole <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	22.39	sal <sup>+</sup>	86.85	8
3	61.03	amad <sup>+</sup> , bau <sup>+</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup> , pun <sup>+</sup>	24.21	aal <sup>+</sup>	85.24	8
4	53.75	cam <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	37.87	-	91.62	8
5	67.23	amad <sup>-</sup> , qui <sup>+</sup> , smad <sup>-</sup>	21.43	-	88.66	8
6	58.79	ole <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , car <sup>+</sup>	23.44	aal <sup>+</sup> , ama <sup>-</sup>	82.23	8
7	66.36	amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	19.28	acan <sup>+</sup>	85.64	6
8	51.86	cam <sup>+</sup> , aal <sup>-</sup> , amad <sup>+</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	33.81	doce <sup>-</sup>	85.67	6
9	66.94	acan <sup>+</sup> , sal <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	20.85	-	87.79	6
10	65.98	cam <sup>+</sup> , aal <sup>-</sup> , amad <sup>+</sup> , bau <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , smad <sup>+</sup> , pun <sup>-</sup>	18.82	-	84.8	6
11	61.76	cam <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup> , pun <sup>-</sup>	25.29	acan <sup>+</sup>	87.05	6
12	57.5	cam <sup>+</sup> , ole <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup>	28.07	-	85.57	4
13	54.42	sal <sup>+</sup>	35.44	ole <sup>+</sup> , acan <sup>-</sup>	89.86	4
14	64.53	acan <sup>-</sup> , amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	28.54	acid <sup>+</sup>	93.07	4
15	60.52	cam <sup>+</sup> , ole <sup>+</sup> , aal <sup>-</sup> , smad <sup>+</sup>	26.69	-	87.21	4
16	64.99	acan <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , car <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	26.65	doce <sup>-</sup>	91.64	4
17	67.73	car <sup>+</sup>	20.1	-	87.83	3
18	53.44	bau <sup>+</sup> , car <sup>+</sup>	31.23	-	84.67	3
19	61.75	cam <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	22.88	-	84.63	3
20	66.38	ole <sup>+</sup> , sal <sup>+</sup> , pun <sup>+</sup>	23.4	-	89.78	3
21	60.86	acan <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , doce <sup>+</sup>	22.54	-	83.4	3
22	76.8	cam <sup>+</sup> , amad <sup>+</sup> , qui <sup>-</sup> , ama <sup>-</sup> , smad <sup>+</sup>	18.58	-	95.38	2
23	45.58	amad <sup>+</sup> , smad <sup>+</sup>	31.9	sad <sup>+</sup>	77.48	2
24	73.78	acan <sup>+</sup> , amad <sup>-</sup> , smad <sup>-</sup> , pun <sup>+</sup>	15.78	-	89.56	2
25	57.2	qui <sup>-</sup> , sal <sup>+</sup> , sad <sup>+</sup> , pun <sup>+</sup>	27.59	-	84.79	2
26	42.81	amad <sup>+</sup>	34.92	acid <sup>-</sup> , ama <sup>+</sup>	77.73	2

cam – coloração amarela; ole – oleosidade; aal – aroma alcoólico; acan – aroma de caldo de cana; amad – aroma de madeira; abu – aroma de baunilha; qui – aroma de compostos químicos; car – aroma de caramelo; doce – gosto doce; acid – gosto ácido; ama – gosto amargo; sal – sabor alcoólico; smad – sabor de madeira; sad – adstringência; pun – pungência.

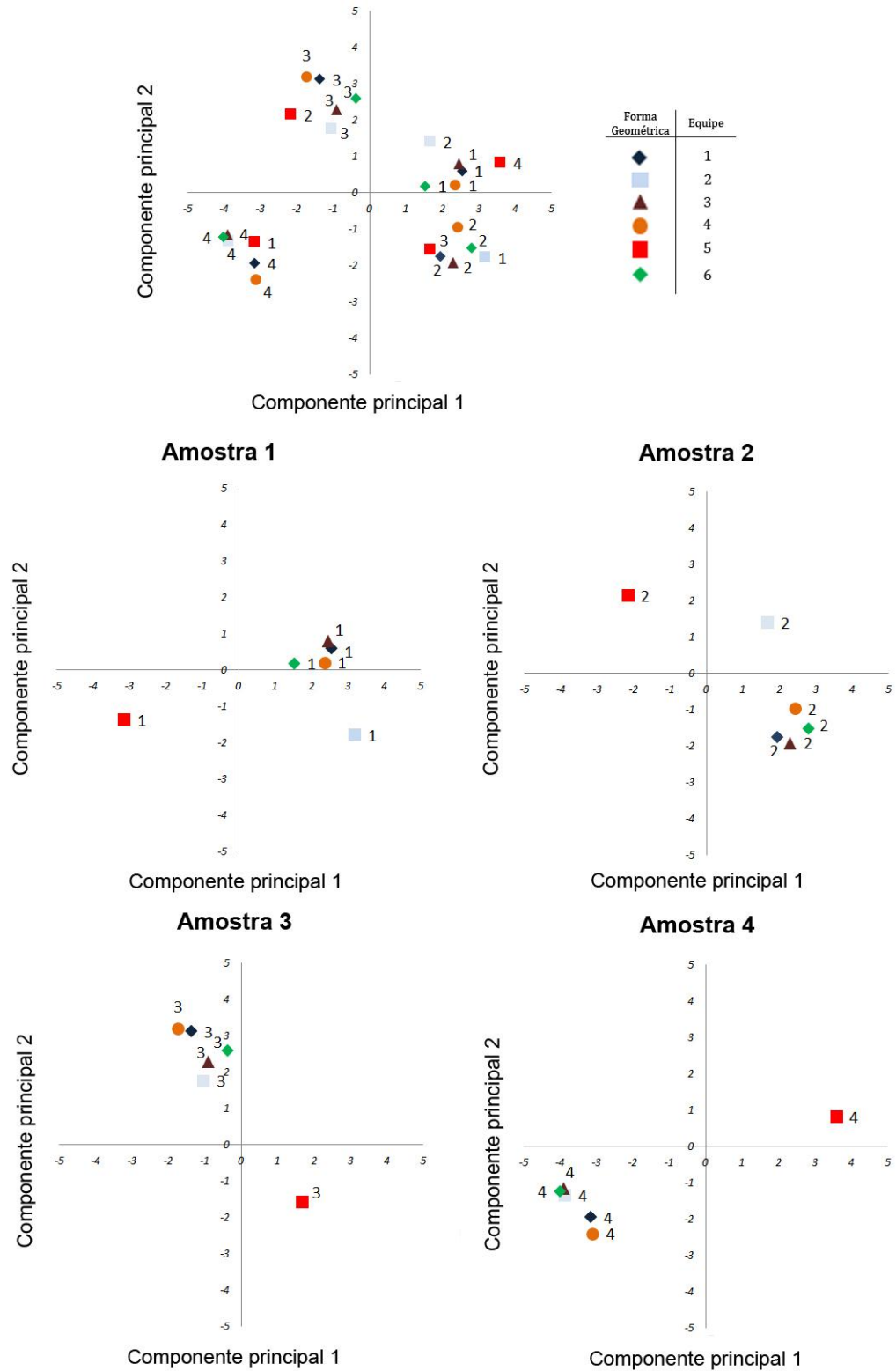
\*P≤0,05

% - Porcentagem da variância retida pelo componente

<sup>+</sup> - Correlacionado positivamente ao componente principal

<sup>-</sup> - Correlacionado negativamente ao componente principal

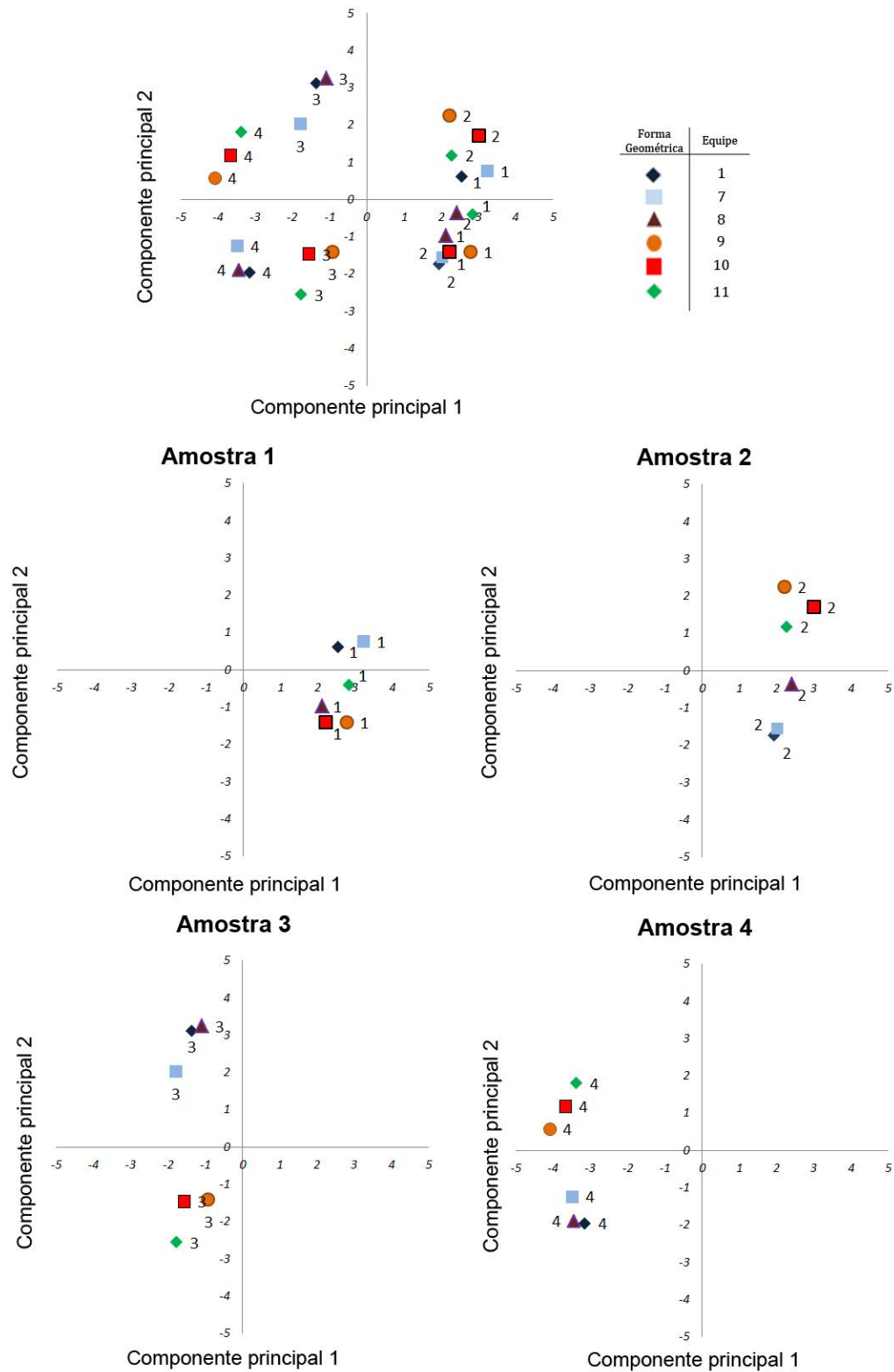
## 8 PROVADORES



Legenda: a forma geométrica representa a equipe; o número representa a marca analisada.

Figura 15 - Análise de componentes principais para as equipes com 8 provadores - dispersão das amostras.

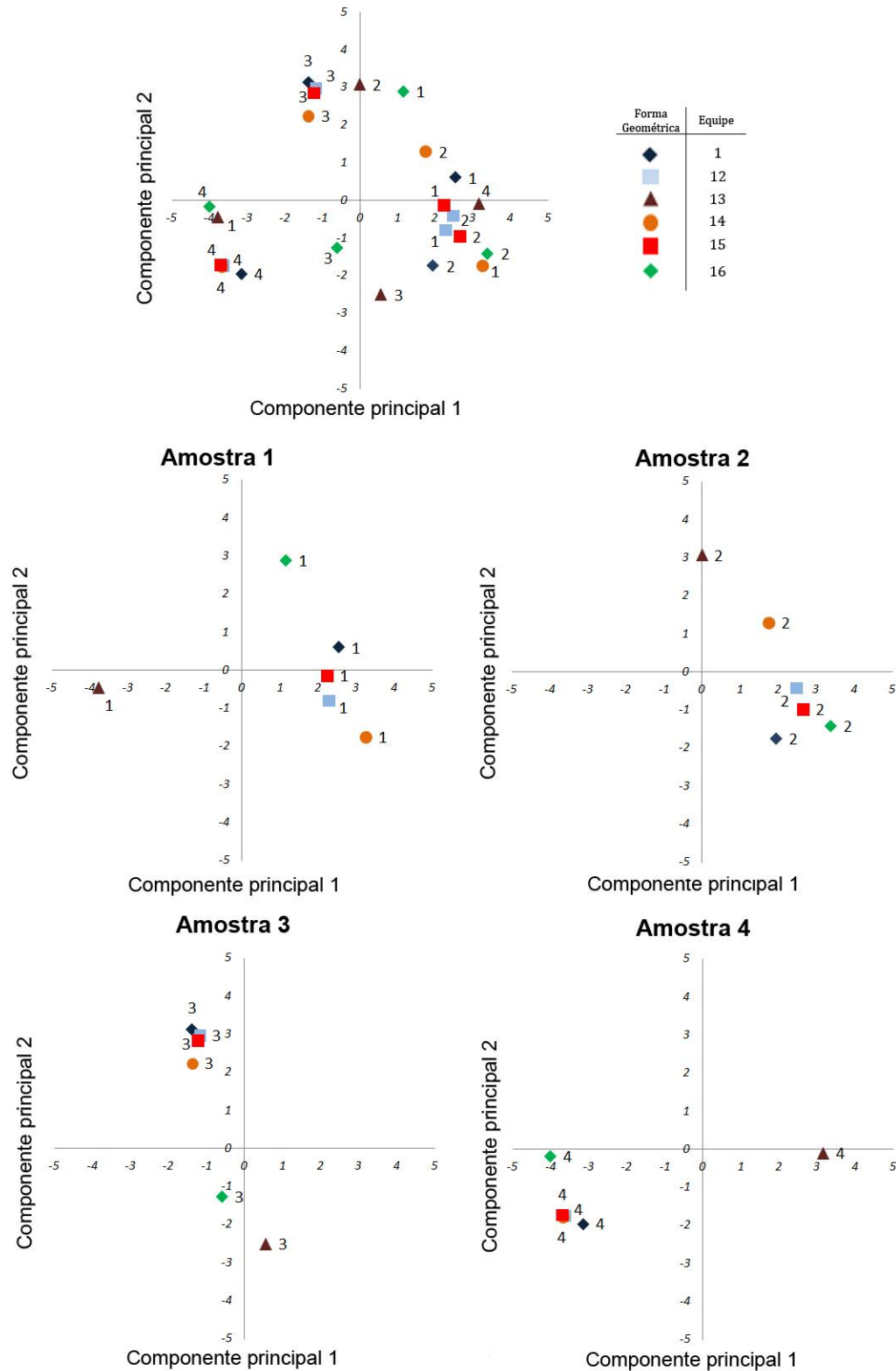
### 6 PROVADORES



Legenda: a forma geométrica representa a equipe; o número representa a marca analisada.

Figura 16 - Análise de componentes principais para as equipes com 6 provadores - dispersão das amostras.

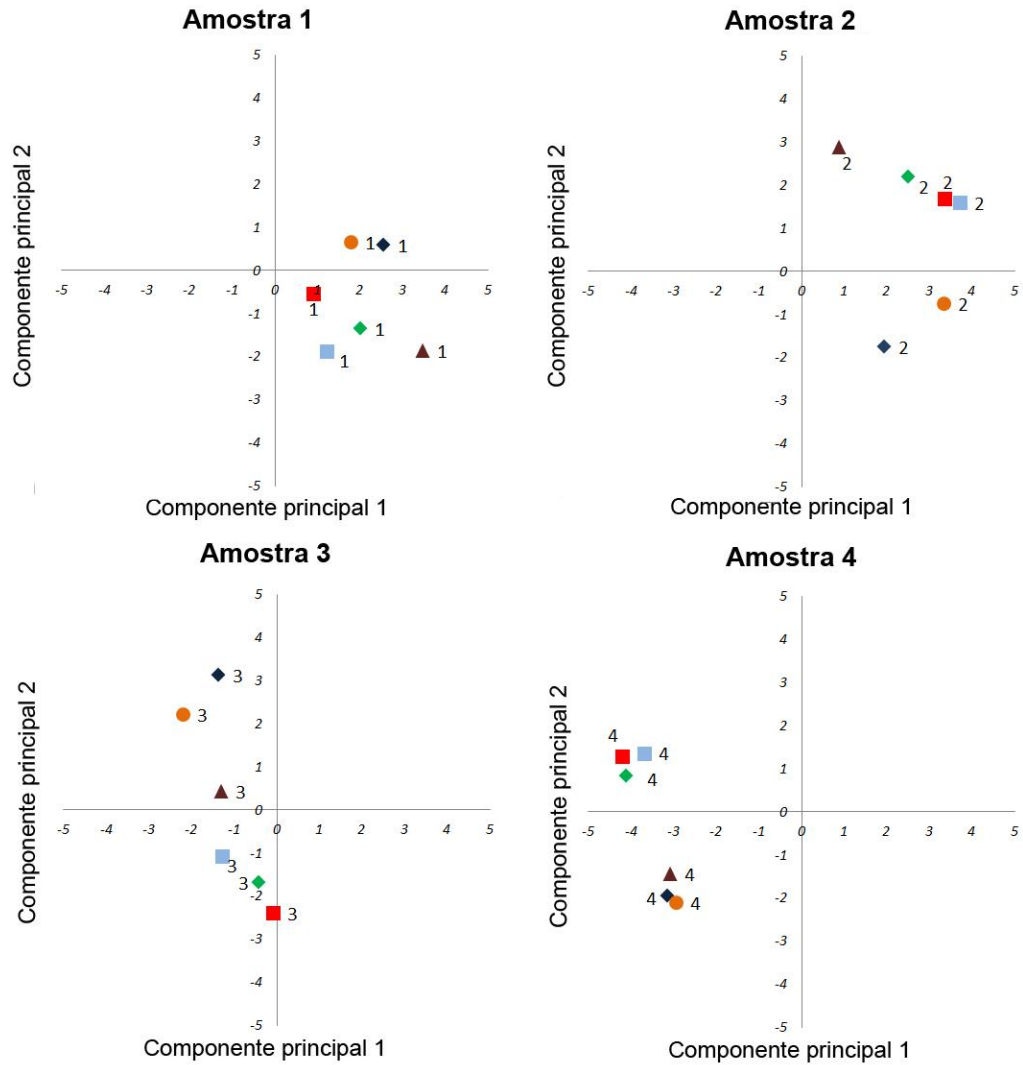
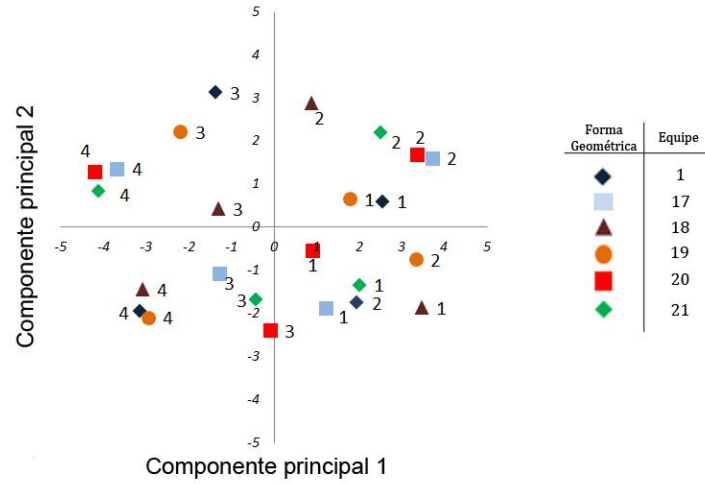
### 4 PROVADORES



Legenda: a forma geométrica representa a equipe; o número representa a marca analisada.

Figura 17 - Análise de componentes principais para as equipes com 4 provadores - dispersão das amostras.

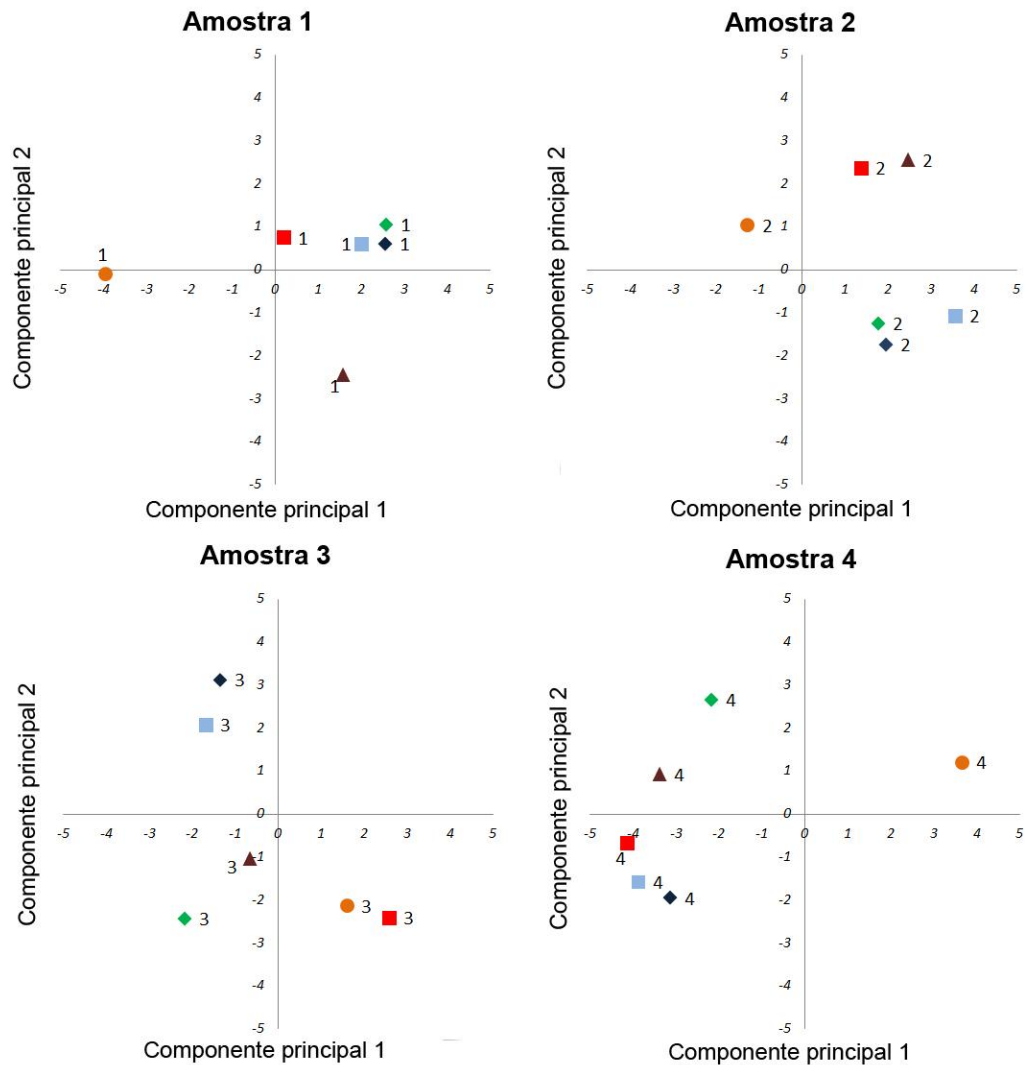
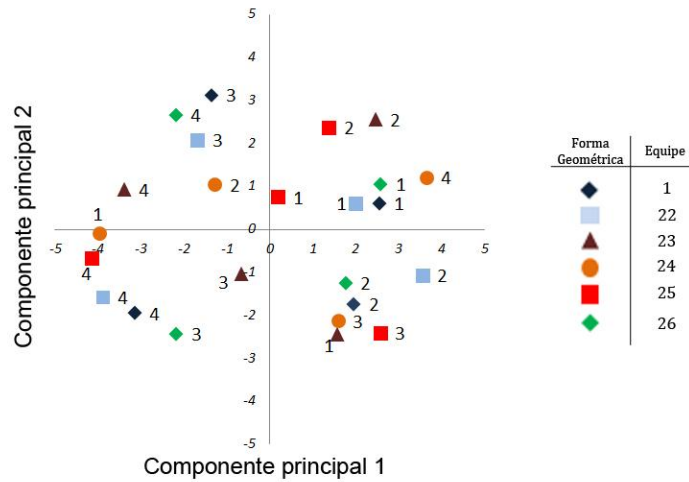
### 3 PROVADORES



Legenda: a forma geométrica representa a equipe; o número representa a marca analisada.

Figura 18 - Análise de componentes principais para as equipes com 3 provadores - dispersão das amostras.

## 2 PROVADORES



Legenda: a forma geométrica representa a equipe; o número representa a marca analisada.

Figura 19 - Análise de componentes principais para as equipes com 2 provedores - dispersão das amostras.

De modo geral, ao analisar os componentes principais para a equipe completa (equipe 1) e para as equipes reduzidas (Figuras 15 a 19), percebe-se que para o primeiro componente principal há correlação positiva com os atributos relacionados ao envelhecimento, como aroma e sabor de madeira, coloração amarela, aroma de baunilha e aroma de caramelo, e correlação negativa com os atributos relacionados ao teor alcoólico e a características de produtos novos, sem envelhecimento, como aroma alcoólico e aroma de compostos químicos. O segundo componente principal está, de modo geral, correlacionado positivamente com os atributos relacionados às características de produtos sem envelhecimento, como aroma alcoólico e aroma de caldo de cana.

Para algumas equipes, percebe-se uma clara inversão das características dos atributos correlacionados aos dois componentes principais. Esta inversão ocorre, principalmente, nas equipes 5, 13, 20, 24 e 25 e pode ser percebida pela dispersão das marcas nos gráficos da análise de componentes principais (Figuras 15 a 19).

Analisando a Figura 15, percebe-se que há um claro agrupamento das marcas. As Marcas 1 e 2 se posicionam mais a direita. Conforme análise anterior, estas duas marcas são aquelas com maior intensidade dos atributos relacionados ao envelhecimento – coloração amarela, aroma e sabor de madeira. A Marca 3 ocupa uma posição intermediária, e a Marca 4, por sua vez, está posicionada mais à esquerda. Estas duas amostras tem menor intensidade dos atributos relacionados ao envelhecimento, sendo que a Marca 4 tem maior intensidade do atributo aroma de compostos químicos, que está, em termos gerais, correlacionado negativamente ao primeiro componente principal. A exceção é o resultado para a equipe 5, onde ocorre uma inversão nos atributos relacionados a cada componente.

Esta configuração permanece quando é analisado o resultado para as equipes com 6 e 4 provadores. Para as equipes com 3 e 2 provadores esta configuração é perdida e os pontos estão mais dispersos. Diante disso, pode-se afirmar que, quanto maior a redução do tamanho da equipe, maior é a influência dos provadores na diferenciação das amostras com relação à análise de componentes principais.

Com a finalidade de estudar a perda de informações com a redução do tamanho da equipe de provadores, foi construída uma tabela que representa o número de vezes em que um atributo foi considerado significativo para cada uma das combinações de equipes representadas na Tabela 12, sendo que apenas os atributos considerados significativos pela equipe completa foram considerados.

Na Tabela 16, a eficiência de cada equipe está representada nas últimas linhas, representando o total de atributos considerados significativos por cada equipe ( $p < 0,05$  na ANOVA) e a razão entre o total da coluna e o número máximo de atributos. Os totais das linhas indicam o número de equipes reduzidas para as quais o atributo em questão foi significativo ( $p < 0,05$  na ANOVA).

É mostrado, na Tabela 16, que nenhum dos sete atributos significativos detectados pela equipe completa foi identificado, como significativo, por todas as equipes reduzidas. O atributo coloração amarela foi o que teve maior retenção em todas as equipes, isto é, 92,31% das equipes identificaram que, para este atributo, o efeito da marca é significativo. Os atributos sabor de madeira e aroma de madeira seguem com 84,62% e 76,92% de retenção, respectivamente. Estes atributos foram os mais utilizados pelos provadores da maior parte das equipes para diferenciar as marcas.

As equipes com  $N=8$  tiveram uma média de 5,2 atributos significativos, resultando em 74,3% de retenção de informações quando o tamanho da equipe foi reduzido de 10 para 8 provadores (80%). O número médio de atributos significativos para as equipes com  $N=6$  (60%) foi de 4,6, isto é, 65,7% de retenção de informações. Da mesma forma, para as equipes com  $N=4$  (40%), o número médio de atributos significativos foi de 4,6 (65,7% de retenção de informações). Para as equipes com  $N=3$  (30%), a média foi de 3,6 atributos significativos, totalizando 51,4% de retenção de informações. Para as equipes com  $N=2$ , a média foi de 3 atributos significativos, representando 42,9% de retenção de informações.

Tabela 16 - Indicação das equipes com efeito de marca significativo.

Atributos	N=8					N=6				
	Equipes									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Col. Amarela	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oleosidade	X			X	X			X		X
Ar. Madeira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ar. Químicos		X	X	X	X		X		X	X
Ar. Caramelo	X	X	X			X	X		X	
G. Amargo				X						
S. Madeira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Total (máx 7)	5	5	5	6	5	4	5	4	5	5
Razão (%)	71,4	71,4	71,4	85,7	71,4	57,1	71,4	57,1	71,4	71,4
Média	74,3%					65,7%				
Atributos	N=4					N=3				
	Equipes									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Col. Amarela	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oleosidade	X					X				
Ar. Madeira	X	X		X	X	X	X	X		X
Ar. Químicos			X		X			X		
Ar. Caramelo	X	X		X	X		X			
G. Amargo		X		X			X			X
S. Madeira	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Total (máx 7)	5	5	3	5	5	4	5	4	1	4
Razão (%)	71,4	71,4	42,9	71,4	71,4	57,1	71,4	57,1	14,3	57,1
Média	65,7%					51,4%				

ATRIBUTOS	N=2					Total na linha (máximo 26)	% máximo
	Equipes						
	22	23	24	25	26		
Col. Amarela	X	X	X		X	24	92,31
Oleosidade			X			8	30,77
Ar. Madeira			X		X	20	76,92
Ar. Químicos	X		X			12	46,15
Ar. Caramelo						11	42,31
G. Amargo		X	X	X		8	30,77
S. Madeira	X		X		X	22	84,62
Total (máx 7)	3	2	6	1	3		
Razão (%)	42,9	28,6	85,7	14,3	42,9		
Média	42,9%						

KING et al. (1995) analisaram dados do perfil de sabor e de textura de sorvete de baunilha em dois experimentos distintos. Os pesquisadores criaram novas equipes a partir dos dados originais pela redução do número de provadores em 50% (10 provadores) e em 25% (5 provadores) do tamanho da equipe inicial. No primeiro experimento, as equipes com N=10 conseguiram reter 63,8% das informações com relação aos dados da equipe completa. Com a redução para equipes com 5 provadores, a retenção de informações foi de 31,3%. No segundo experimento, a retenção de informações foi maior, sendo de 82% para a equipe com 10 provadores e de 55,3% para a equipe com 5 provadores.

O número mínimo de provadores para que um atributo fosse significativo foi calculado. Esta estimativa serviu para a verificação da possibilidade de que a perda de informação relacionada à redução do tamanho das equipes fosse devido ao menor grau de liberdade para determinar a significância do efeito da marca. Desta forma, um novo valor de F foi calculado ( $F_n$ ) para um dado número de provadores (KING et al., 1995):

$$F_n = \frac{QM_{10}(\text{marca})}{QM_{10}(\text{resíduo})} \times \frac{N}{10}$$

Em que N é o número de provadores e o valor 10 corresponde ao número de provadores na equipe de referência. O  $F_n$  calculado para N diversos foi comparado ao valor de F tabelado para encontrar o menor valor de N necessário para que um atributo fosse significativo.

Segundo KING et al. (1995), o novo valor de F é baseado em duas suposições. A primeira afirma que a variância entre as marcas depende do produto e não do provador e, portanto, é constante para equipes menores; e sua melhor estimativa é dada pelo valor referente à equipe completa. A segunda suposição diz que a melhor estimativa da variância do resíduo é dada pelo valor referente à equipe completa. Desta forma, o novo valor de F é a melhor estimativa da relação entre o Quadrado Médio da Marca e o Quadrado Médio do Resíduo para um dado atributo, corrigido para os graus de liberdade associados à equipe com número de provadores reduzido.

O número mínimo de provadores necessário para que o efeito da marca fosse considerado significativo é mostrado na Tabela 17. De acordo com estes resultados, três atributos seriam significativos quando uma equipe de dois

provedores foi utilizada. No experimento, a equipe de dois provedores resultou em 3 atributos significativos, em média, exatamente conforme previsto pela análise. Para uma equipe com 3 provedores, também três atributos deveriam ser significativos, sendo que no experimento estas equipes tiveram 3,6 atributos significativos. As equipes com 4 provedores tiveram 4,6 atributos significativos, em média, contra os 4 previstos pela análise. Equipes com 6 provedores tiveram média de 4,6 atributos significativos, valor inferior aos 5 atributos significativos pela análise. Da mesma forma, para equipes com 8 provedores, o número médio de atributos significativos obtido no experimento, 5,2, foi inferior ao estimado, 7. Segundo a análise, todos os atributos deveriam ser significativos, mesmo com a redução da equipe para 8 provedores. Este resultado aponta para maior perda de informações com a redução do tamanho da equipe para 80% e 60% do original do que poderia ser previsto. O inverso ocorre quando a redução é maior (40%, 30% e 20%), onde a retenção de informações foi maior ou igual ao previsto pela análise.

Os atributos que apresentaram maior diferença entre as marcas, coloração amarela, aroma de madeira e sabor de madeira, têm, geralmente, valores de  $p$  altamente significativos ( $p \leq 0,0001$  para  $N=10$ ), sendo este atributos os mais relevantes na diferenciação das amostras. Apesar deste fato, com a redução do número de provedores para valores abaixo de 50%, alguns destes atributos podem não ser significativos. Segundo KING et al. (1995), uma solução simples como aumentar o nível de significância de  $P$  quando se trabalha com equipes menores não é recomendado: no caso deste experimento, seria necessário utilizar  $P > 0,3$  para manter os mesmos atributos significativos em todas as equipes. Ainda segundo os mesmos autores, equipes de provedores dentro das indústrias normalmente avaliam amostras que não tem grande diferença, mas que para os quais o efeito da interação tem grande importância. A redução do número de provedores pode resultar em grande perda de informações, sem o conhecimento prévio de que informação é esta. Também existe o risco do aumento do efeito da interação em equipes menores que não mostram ser uma melhor estimativa do efeito quando os graus de liberdade são aumentados.

Tabela 17 - Número mínimo de provadores necessário para que o efeito da marca para cada Fn seja significativo

<b>Atributo</b>	<b>Número mínimo de provadores</b>
Col. Amarela	2
Oleosidade	4
Ar. Alcoólico	ns
Ar. Cana	ns
Ar. Madeira	2
Ar. Baunilha	ns
Ar. Químicos	6
Ar. Caramelo	8
G. Doce	ns
G. Ácido	ns
G. Amargo	7
S. Alcoólico	ns
S. Madeira	2
Adstringência	ns
Pungência	ns

YOKOTA (2005) realizou um estudo sobre o número de provadores na equipe para análise descritiva de cachaça envelhecida. Com o objetivo de avaliar os resultados dos perfis sensoriais obtidos por equipes com 8, 6, 4 e 3 provadores, foi realizado análise de variância, teste de amplitude múltipla de Duncan, análise de agrupamento e análise de componentes principais com os escores das amostras. Por meio destas análises estatísticas, pode-se concluir que os resultados das equipes menores (6, 4 e 3 provadores) tiveram agrupamento de amostras semelhantes ao da equipe 8. Ainda, por análise de correlação, em geral, percebe-se que são os mesmos atributos sensoriais que influenciavam na caracterização das amostras, mesmo variando o número de provadores treinados. Em conclusão, o trabalho sugeriu o número mínimo de três provadores treinados para a realização das avaliações.

Avaliando o número de provadores em equipe treinada, KING et al. (1995) constataram que as relações entre as amostras não foram afetadas pelo tamanho do painel, mas houve considerável perda de informação com menores painéis tentando explicar os efeitos dos tratamentos em termos de descritores sensoriais.

## **4.2.6. Estudo da redução do número de atributos**

### **4.2.6.1. Redução do número de atributos sensoriais do produto envelhecido**

O resultado das análises de variância dos 15 atributos avaliados nas nove marcas de bebida envelhecida está apresentado na Tabela 18. Dos 15 atributos avaliados, em oito deles as marcas apresentaram diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ). Segundo CARNEIRO (2005), em um experimento como este, alguns atributos podem apresentar maior importância relativa na caracterização sensorial dos produtos e na comparação entre eles, sendo que o estudo por variáveis canônicas possibilita identificar tais atributos.

A primeira variável canônica (Can1) reteve 66,80% da variância apresentada pelos atributos originais. A segunda variável canônica (Can2) reteve 14,59% da variação dos dados, sendo que as duas variáveis canônicas representam, em conjunto, 81,39% da variação total dos dados.

As coordenadas de Can1 e Can2 para as médias canônicas de cada marca avaliada estão apresentadas na Tabela 19. A Figura 20 apresenta o gráfico de dispersão das marcas em relação às duas variáveis canônicas com as marcas agrupadas pelo método de Tocher.

Observa-se na Figura 20 que as amostras estão mais dispersas em relação à Can1 do que à Can2. Da mesma forma estão os dois grupos formados, indicando que a variabilidade entre os grupos é maior em relação à Can1. A separação das marcas em apenas dois grupos, em que apenas um grupo reúne oito das nove marcas, mostra uma homogeneidade dos produtos analisados com relação aos atributos correlacionados à Can1 e à Can2.

Tabela 18 - Resumo das análises de variância dos escores sensoriais dos produtos envelhecidos

Atributos	SQ <sub>MARCA</sub>	SQ <sub>INT</sub>	SQ <sub>RES</sub>	QM <sub>MARCA</sub>	QM <sub>INT</sub>	QM <sub>RES</sub>	F <sub>MARCA</sub>	P	Média	
<b>Col. amarela</b>	2264,18	462,98	450,02	283,02	6,43	*	2,60	44,01	<b>&lt;0,0001</b>	8,25
<b>Oleosidade</b>	73,18	209,27	484,55	9,15	2,91	Ns	2,80	3,27	<b>0,0017</b>	8,92
<b>A. Alcoólico</b>	86,80	239,56	820,14	10,85	3,33	Ns	4,74	2,29	<b>0,0236</b>	7,63
A. Cana	68,95	396,80	851,75	8,62	5,51	Ns	4,92	1,75	0,0900	3,96
<b>A. Madeira</b>	666,93	711,28	488,17	83,37	9,88	*	2,82	8,44	<b>&lt;0,0001</b>	7,74
A. Baunilha	72,53	460,69	735,89	9,07	6,40	*	4,25	1,42	0,2043	4,16
A. Químicos	81,76	818,14	725,45	10,22	11,36	*	4,19	0,90	0,5218	3,25
<b>A. Caramelo</b>	114,23	332,95	514,57	14,28	4,62	*	2,97	3,09	<b>0,0047</b>	2,69
G. Doce	48,98	492,50	1111,88	6,12	6,84	Ns	6,43	0,95	0,4749	5,90
G. Acido	37,26	261,15	648,94	4,66	3,63	Ns	3,75	1,24	0,2775	5,01
G. Amargo	47,01	546,28	772,91	5,88	7,59	*	4,47	0,77	0,6263	5,92
<b>S. Alcoólico</b>	78,43	215,54	400,55	9,80	2,99	Ns	2,32	4,23	<b>0,0001</b>	8,31
<b>S. Madeira</b>	745,02	493,83	397,45	93,13	6,86	*	2,30	13,58	<b>&lt;0,0001</b>	7,66
Adstringência	70,16	462,87	722,99	8,77	6,43	*	4,18	1,36	0,2270	6,49
<b>Pungência</b>	119,48	347,04	736,50	14,94	4,82	Ns	4,26	3,51	<b>0,0009</b>	6,62

SQ<sub>MARCA</sub> – Soma de quadrados para marca

SQ<sub>INT</sub> – Soma de quadrados da interação

SQ<sub>RES</sub> – Soma de quadrados do resíduo

QM<sub>MARCA</sub> – Quadrado médio para marca

QM<sub>INT</sub> – Quadrado médio para interação

QM<sub>RES</sub> – Quadrado médio do resíduo

F<sub>MARCA</sub> – valor de F para marca (QM<sub>MARCA</sub>/QM<sub>INT</sub>)

P – valor da probabilidade

\* - Interação entre marca e provador significativa (P≤0,05)

Ns – Interação entre marca e provador não significativa (P>0,05)

	FV	GL
AMOSTRA		8
PROVADOR		9
INTERAÇÃO		72
RESÍDUO		173

Tabela 19 - Estimativa das médias canônicas - valores por marca para as variáveis canônicas Can1 e Can2 – produto envelhecido.

Marcas	Médias canônicas	
	Can1	Can2
8	2,88	-0,37
9	5,44	1,00
10	6,07	0,70
11	7,35	0,26
12	7,39	0,22
13	5,34	0,69
14	5,09	1,16
18	6,26	0,18
19	6,52	-0,87

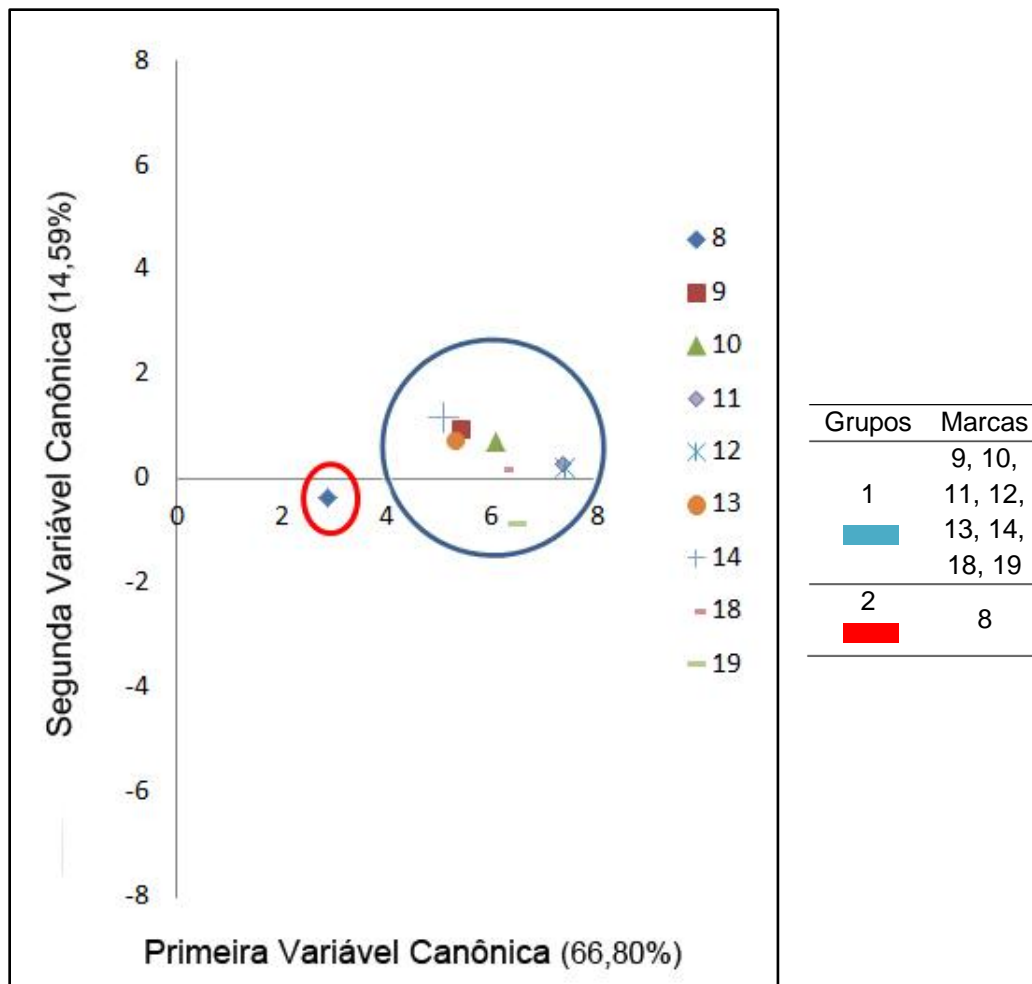


Figura 20 - Dispersão das 9 marcas de bebida envelhecida em relação às duas primeiras variáveis canônicas.

Foram considerados como de menor importância relativa os atributos que apresentam maior coeficiente de ponderação, em valor absoluto, para as variáveis canônicas com menor retenção da variação total. Os atributos aroma alcoólico, aroma de madeira, gosto amargo e adstringência foram os considerados de menor importância relativa na caracterização das marcas. Os coeficientes de ponderação são apresentados na Tabela 20. Estes atributos são aqueles apontados para descarte. Eles apresentam baixa variabilidade ou estão correlacionados a outros atributos que fazem parte do estudo (Tabela 18 e 21).

O atributo aroma alcoólico está entre os de menor variabilidade (Tabela 18) e está correlacionado ao atributo pungência (Tabela 21).

O atributo aroma de madeira, apesar de ter maior variabilidade (Tabela 18) que a maior parte dos atributos, foi apontado pela análise como sendo de menor importância relativa devido, provavelmente, a correlação (Tabela 21) com outros atributos como coloração amarela, que tem a maior variabilidade entre os atributos avaliados, oleosidade, aroma de baunilha, aroma de caramelo e sabor de madeira.

Os atributos gosto amargo e adstringência estão entre os de menor variabilidade, estando correlacionados entre si. Além disso, o atributo gosto amargo está correlacionado ao aroma de baunilha e pungência, enquanto a adstringência está correlacionada ao sabor alcoólico (Tabela 21).

Os atributos coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, sabor alcoólico, sabor de madeira e pungência foram considerados de maior importância relativa.

Tabela 20 - Estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados para bebida envelhecida.

Atributo padronizado	CAN <sub>1</sub>	CAN <sub>2</sub>	CAN <sub>3</sub>	CAN <sub>4</sub>	CAN <sub>5</sub>	CAN <sub>6</sub>	CAN <sub>7</sub>	CAN <sub>8</sub>
Col. amarela	1,02	-0,34	0,18	0,16	-0,09	-0,06	0,03	0,02
Oleosidade	0,08	-0,17	0,25	-0,42	-0,11	0,04	-0,06	0,13
<b>Ar. Alcoólico</b>	-0,02	-0,04	<b>0,72</b>	-0,50	0,21	0,02	0,14	-0,36
Ar. Cana	0,05	-0,54	-0,32	-0,27	0,36	-0,36	0,08	-0,17
<b>Ar. Madeira</b>	-0,21	-0,06	-0,41	0,11	<b>0,64</b>	<b>0,83</b>	<b>-0,60</b>	-0,25
Ar. Baunilha	-0,08	0,12	-0,56	0,13	0,24	0,49	0,21	-0,10
Ar. Químicos	0,16	-0,23	-0,56	-0,14	0,60	-0,21	-0,05	0,49
Ar. Caramelo	0,18	0,34	-0,02	-0,13	0,26	-0,40	0,32	0,59
G. Doce	-0,05	0,08	0,13	-0,13	-0,37	0,83	0,58	0,02
G. Acido	0,39	-0,22	-0,03	0,02	0,52	-0,09	-0,05	0,01
<b>G. Amargo</b>	-0,04	-0,34	0,25	-0,24	-0,44	0,15	0,34	<b>0,82</b>
S. Alcoólico	0,15	0,12	0,24	0,75	0,57	-0,14	0,21	0,17
S. Madeira	0,37	0,92	0,11	-0,24	-0,21	-0,51	0,23	0,01
<b>Adstringência</b>	-0,04	0,16	0,10	<b>0,78</b>	-0,24	0,03	-0,02	-0,59
Pungência	-0,06	0,20	0,17	-0,41	0,10	0,32	-0,57	-0,02

Obs.: Cada coluna representa os coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados em uma variável canônica. Tais coeficientes expressam a importância relativa dos atributos em estudo.

Tabela 21 - Correlações entre os 15 atributos avaliados para bebida envelhecida – Coeficiente de correlação de Pearson e valor p.

	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	ADS
CAM	1													
OLE	<b>0,92</b> <b>0,0004</b>	1												
AAL	-	-	1											
ACAN	-	-	-	1										
AMAD	<b>0,80</b> <b>0,0092</b>	<b>0,70</b> <b>0,0342</b>	-	-	1									
BAU	-	-	-	-	<b>0,71</b> <b>0,0319</b>	1								
QUI	-	-	-	-	-	-	1							
CAR	-	-	-	-	<b>0,68</b> <b>0,0443</b>	<b>0,70</b> <b>0,0351</b>	<b>-0,78</b> <b>0,0125</b>	1						
DOCE	-	-	-	-	-	-	-	-	1					
ACID	-	-	-	-	-	-	<b>0,88</b> <b>0,0019</b>	-	-	1				
AMA	-	-	-	-	-	<b>-0,71</b> <b>0,0306</b>	-	-	-	-	1			
SAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
SMAD	<b>0,76</b> <b>0,0162</b>	<b>0,67</b> <b>0,0494</b>	-	-	<b>0,96</b> <b>&lt;0,0001</b>	<b>0,68</b> <b>0,0439</b>	<b>-0,77</b> <b>0,0147</b>	<b>0,77</b> <b>0,0145</b>	-	-	-	-	1	
ADS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,78</b> <b>0,0129</b>	<b>0,79</b> <b>0,0116</b>	-	1
PUN	-	-	<b>0,81</b> <b>0,0081</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,71</b> <b>0,0325</b>	<b>0,88</b> <b>0,0015</b>	-	-

CAM – Coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; BAU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – sabor adstringente; PUN – sabor pungente.

Os coeficientes de ponderação associados aos atributos não indicados para descarte são apresentados na Tabela 22.

O atributo coloração amarela teve maior coeficiente, em valor absoluto, para Can1 (1,02) que para Can2 (-0,34), sendo, portanto, relacionado à primeira variável canônica. Isto significa que este atributo é um dos responsáveis pela variabilidade entre as marcas observada ao longo do eixo X (Figura 20). A coloração amarela tem o maior coeficiente para Can1, em valor absoluto, sendo o maior responsável pela variação entre as marcas com relação à primeira variável canônica. Além disto, devido ao valor do coeficiente ser positivo, a intensidade do atributo aumenta na mesma direção que a primeira variável canônica, ou seja, quanto mais à direita está posicionada a marca (Figura 20), maior a intensidade da coloração amarela. Os atributos oleosidade, aroma de madeira e sabor de madeira estão correlacionados positivamente ( $p < 0,05$ ) ao atributo coloração amarela, tendo, portanto, comportamento semelhante a ele.

Os atributos sabor de madeira, aroma de cana, aroma de caramelo, aroma de compostos químicos, pungência e oleosidade têm maior coeficiente em Can2 que em Can1 (Tabela 22), sendo mais relacionados à segunda variável canônica. Estes atributos contribuem para a diferenciação das amostras ao longo do eixo Y, sendo que os atributos sabor de madeira (0,92) e aroma de cana (-0,54) são os de maior coeficiente para Can2. Na Figura 22, quanta mais acima no eixo Y está posicionada uma amostra maior a intensidade do sabor de madeira, enquanto que o inverso se observa para o atributo aroma de cana. Isto é explicado pelo sinal do coeficiente de ponderação relacionado a estes atributos. Os atributos aroma de caramelo, aroma de compostos químicos, pungência e oleosidade têm coeficientes de ponderação para Can2 menores. Estes atributos têm uma menor relação com Can2, sendo que este fato influencia na descrição do comportamento das marcas ao longo do eixo Y.

Tabela 22 - Coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados de maior importância relativa – bebida envelhecida.

<b>Atributos</b>	<b>CAN1</b>	<b>CAN2</b>
Col. Amarela	<b>1,02</b>	-0,34
Oleosidade	0,08	<b>-0,17</b>
A. Cana	0,05	<b>-0,54</b>
A. Baunilha	<b>-0,08</b>	<b>0,12</b>
A. Químicos	0,16	<b>-0,23</b>
A. Caramelo	0,18	<b>0,34</b>
G. Doce	<b>-0,05</b>	<b>0,08</b>
G. Acido	<b>0,39</b>	-0,22
S. Alcoólico	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>
S. Madeira	0,37	<b>0,92</b>
Pungência	-0,06	<b>0,20</b>
Proporção da variância (%)	66,80	14,59

Os atributos aroma de baunilha, gosto doce e sabor alcoólico têm coeficientes de ponderação próximos, em valores absolutos, para as duas primeiras variáveis canônicas, indicando que a relação entre eles e as duas variáveis canônicas é semelhante. Além disso, em comparação aos outros atributos, os valores dos coeficientes são baixos, mostrando uma baixa relação entre os atributos em questão e as duas primeiras variáveis canônicas. O atributo aroma de baunilha tem maior coeficiente, em valor absoluto, em Can3 (-0,56); o atributo gosto doce em Can6 (0,83); e o atributo sabor alcoólico em Can4 (0,75). Desta forma, a observação das duas primeiras variáveis canônicas não é suficiente para a compreensão do comportamento das marcas em relação aos atributos mencionados.

Com base no exposto, o uso de variáveis canônicas possibilitou o descarte de 4 dos 15 atributos em estudo. Observando-se as Tabelas 18 e 21, constatou-se que os atributos indicados para descarte apresentam baixa variabilidade ou estão correlacionados com outros, conforme previsto pela análise por variáveis canônicas. Portanto, o uso desta técnica foi viável na redução do número de atributos levantados na ADQ.

CARNEIRO (2005), com o objetivo de ilustrar a aplicação da técnica de análise por variáveis canônicas para dados experimentais obtidos por avaliação sensorial, realizou, além de outras avaliações, a redução dos atributos sensoriais

(variáveis resposta) para cachaça envelhecida provenientes do trabalho realizado por YOKOTA (2005). Os atributos originais eram: coloração amarela, viscosidade, aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico inicial, sabor alcoólico residual, sabor de madeira inicial, sabor de madeira residual e adstringência. Com o trabalho, constatou-se que, para a caracterização sensorial ou comparações entre as cachaças envelhecidas, foram necessários seis dos 13 atributos avaliados: aroma alcoólico, gosto doce, gosto ácido, adstringência, coloração amarela e viscosidade. No trabalho de CARNEIRO (2005), foi possível o descarte de 7 dos 13 atributos, enquanto a análise canônica dos dados para as amostras envelhecidas deste trabalho possibilitaram a exclusão de apenas 4 dos 15 atributos avaliados. Em ambos os trabalhos, a coloração amarela foi o atributo que teve maior variância.

#### **4.2.6.2. Redução do número de atributos sensoriais do produto novo**

Da mesma forma que para os produtos envelhecidos, foram realizadas análises de variância univariada e análise por variáveis canônicas dos dados das avaliações sensoriais de bebidas consideradas novas.

O resultado das análises de variância dos 15 atributos avaliados em nove marcas de bebida nova está apresentado na Tabela 23. Dos 15 atributos avaliados, oito tiveram o efeito da marca significativo ( $p \leq 0,05$ ). Estes atributos foram: coloração amarela, aroma de cana, aroma de madeira, aroma de compostos químicos, gosto doce, gosto amargo, sabor de madeira e pungência.

As duas primeiras variáveis canônicas, obtidas pela análise por variáveis canônicas dos dados, retiveram juntas 75,64% da variância apresentada pelos dados dos atributos originais. A primeira variável canônica (Can1) reteve 56,80% da variação dos dados, enquanto que a segunda variável canônica (Can2) reteve 18,84% da variação total.

As coordenadas de Can1 e Can2 para as médias canônicas de cada marca avaliada estão apresentadas na Tabela 24. A Figura 21 apresenta o gráfico de dispersão das marcas em relação às duas variáveis canônicas com as marcas agrupadas pelo método de Tocher.

Observa-se na Figura 21 que as amostras estão mais dispersas em relação à Can1 que à Can2. Os grupos formados por agrupamento de Tocher estão posicionados ao longo do eixo X, indicando uma maior diferenciação entre o grupo 2 e os demais grupos pela sua posição mais à direita. Esta maior dispersão ao longo do eixo X é devida à maior retenção da variação dos dados por Can1 (56,80%). Os grupos 3 e 5 são mais discrepantes em relação a Can2.

Foram considerados como de menor importância relativa o atributo que apresentou maior coeficiente de ponderação, em valor absoluto, para as variáveis canônicas que menos retiveram variação dos dados (Can3 a Can8). Os atributos aroma alcoólico, aroma de madeira, aroma de baunilha, adstringência e pungência foram os considerados de menor importância relativa na caracterização das marcas. Os coeficientes de ponderação são apresentados na Tabela 25. Estes atributos podem ser apontados para descarte, uma vez que podem apresentar baixa variabilidade ou podem estar correlacionados a outros atributos (Tabela 23 e 26).

Tabela 23 - Resumo das análises de variância dos escores sensoriais dos produtos novos

Atributos	SQ <sub>MARCA</sub>	SQ <sub>INT</sub>	SQ <sub>RES</sub>	QM <sub>MARCA</sub>	QM <sub>INT</sub>	QM <sub>RES</sub>	F <sub>MARCA</sub>	P	Média	
<b>Col. amarela</b>	42,54	28,66	48,65	5,32	0,40	*	0,27	13,36	<b>&lt;0.0001</b>	0,49
Oleosidade	28,63	350,36	662,21	3,58	4,87	NS	3,68	0,97	0,4588	8,10
A. Alcoólico	81,29	491,42	647,22	10,16	6,83	*	3,60	1,49	0,1764	8,10
<b>A. Cana</b>	157,40	590,86	1.241,79	19,68	8,21	NS	6,90	2,85	<b>0,0052</b>	4,50
<b>A. Madeira</b>	129,03	511,09	415,73	16,13	7,10	*	2,31	2,27	<b>0,0316</b>	2,70
A. Baunilha	57,60	433,34	1.177,63	7,20	6,02	NS	6,54	1,10	0,3649	3,29
<b>A. Químicos</b>	305,31	1220,56	881,77	38,16	16,95	*	4,90	2,25	<b>0,0331</b>	5,79
A. Caramelo	29,80	273,24	378,83	3,72	3,80	*	2,10	0,98	0,4575	1,53
<b>G. Doce</b>	220,44	526,65	1.343,44	27,56	7,31	NS	7,46	3,69	<b>0,0005</b>	6,61
G. Acido	56,63	376,89	701,12	7,08	5,23	NS	3,90	1,82	0,0764	5,33
<b>G. Amargo</b>	118,59	353,14	930,98	14,82	4,90	NS	5,17	2,87	<b>0,0050</b>	5,90
S. Alcoólico	53,94	254,00	453,63	6,74	3,53	*	2,52	1,91	0,0713	8,35
<b>S. Madeira</b>	56,10	189,82	484,81	7,01	2,64	NS	2,69	2,60	<b>0,0102</b>	2,62
Adstringência	105,77	467,68	588,44	13,22	6,50	*	3,27	2,04	0,0540	6,50
<b>Pungência</b>	66,55	367,25	749,55	8,32	5,10	NS	4,16	2,00	<b>0,0491</b>	7,09
SQ <sub>MARCA</sub> – Soma de quadrados para marca			QM <sub>RES</sub> – Quadrado médio do resíduo					FV	GL	
SQ <sub>INT</sub> – Soma de quadrados da interação			F <sub>MARCA</sub> – valor de F para marca (QM <sub>MARCA</sub> /QM <sub>INT</sub> )					AMOSTRA	8	
SQ <sub>RES</sub> – Soma de quadrados do resíduo			P – valor da probabilidade					PROVADOR	9	
QM <sub>MARCA</sub> – Quadrado médio para marca			* - Interação entre marca e provador significativa (P≤0,05)					INTERAÇÃO	72	
QM <sub>INT</sub> – Quadrado médio para interação			Ns – Interação entre marca e provador não significativa (P>0,05)					RESÍDUO	180	

Tabela 24 - Estimativa das médias canônicas - valores por marca para as variáveis canônicas Can1 e Can2 - produto novo.

Marcas	Médias canônicas	
	Can1	Can2
1	2,79	-0,01
2	0,83	0,44
3	0,56	0,15
4	0,39	0,17
5	0,67	0,31
7	0,53	0,95
15	2,20	0,30
20	0,43	-0,90
21	1,05	-0,05

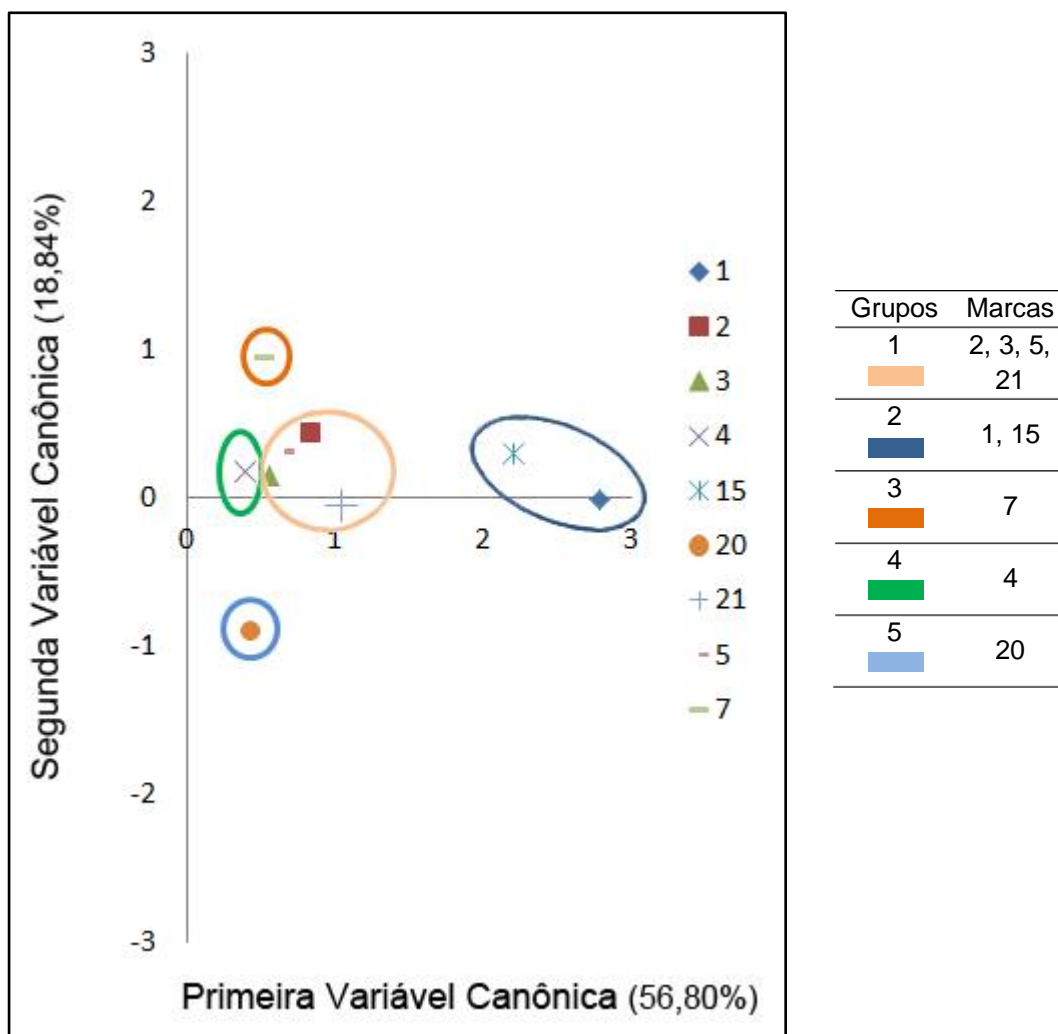


Figura 21 - Dispersão das 9 marcas de bebida nova em relação às duas primeiras variáveis canônicas.

Os atributos aroma alcoólico, pungência e adstringência estão entre os atributos de menor variabilidade (Tabela 23) e estão correlacionado a outros atributos avaliados neste estudo (Tabela 26). O atributo aroma alcoólico está correlacionado negativamente ( $p \leq 0,05$ ) com o atributo oleosidade. O atributo adstringência, por sua vez, está correlacionado negativamente com gosto doce e positivamente com gosto amargo. O atributo pungência está correlacionado positivamente ao gosto ácido e ao sabor alcoólico.

O atributo aroma de madeira, apesar de ser um dos atributos com maior variabilidade entre as marcas, foi apontado pela análise como sendo de menor importância relativa devido, provavelmente, a correlação com os outros atributos como coloração amarela, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo e sabor de madeira. O atributo aroma de compostos químicos é o de maior variabilidade (Tabela 23) entre os avaliados neste estudo.

O atributo aroma de baunilha está entre os de menor variabilidade, mas não está correlacionado a nenhum outro atributo utilizado neste estudo.

Os atributos coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico e sabor de madeira foram considerados de maior importância relativa por apresentarem variabilidade entre as marcas ou por não estarem correlacionados com outros atributos neste estudo.

Tabela 25 - Estimativas dos coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados para bebida nova.

<b>Atributo padronizado</b>	CAN <sub>1</sub>	CAN <sub>2</sub>	CAN <sub>3</sub>	CAN <sub>4</sub>	CAN <sub>5</sub>	CAN <sub>6</sub>	CAN <sub>7</sub>	CAN <sub>8</sub>
Col. amarela	1,01	-0,15	0,04	0,00	0,01	0,25	-0,06	-0,05
Oleosidade	0,15	-0,36	0,12	-0,45	0,17	0,37	0,43	-0,07
<b>Ar. Alcoólico</b>	-0,27	0,17	0,15	0,16	<b>-0,82</b>	-0,31	<b>0,85</b>	-0,36
Ar. Cana	-0,24	0,27	0,26	0,28	0,76	0,24	-0,37	0,43
<b>Ar. Madeira</b>	-0,15	0,29	0,32	-0,39	0,65	<b>-0,63</b>	-0,30	-0,22
<b>Ar. Baunilha</b>	-0,11	0,05	-0,33	0,31	-0,13	0,20	0,19	<b>-0,93</b>
Ar. Químicos	-0,16	-0,07	-0,26	-0,05	0,00	0,54	-0,35	0,16
Ar. Caramelo	0,20	-0,04	-0,17	0,36	0,00	0,49	0,56	0,53
G. Doce	0,05	-0,70	0,39	0,18	0,37	-0,34	0,18	0,03
G. Acido	0,32	-0,13	0,33	-0,01	0,37	0,51	-0,13	0,20
G. Amargo	0,33	0,26	0,60	-0,05	0,05	0,14	0,39	0,26
S. Alcoólico	-0,15	0,58	-0,65	0,34	0,16	-0,32	-0,32	0,50
S. Madeira	0,11	-0,19	-0,58	0,49	-0,50	0,13	-0,11	0,10
<b>Adstringência</b>	-0,34	0,36	0,01	<b>-0,54</b>	0,57	-0,24	-0,05	-0,21
<b>Pungência</b>	0,28	-0,48	<b>0,77</b>	0,21	-0,32	0,04	-0,26	-0,40

Obs.: Cada coluna representa os coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados em uma variável canônica. Tais coeficientes expressam a importância relativa dos atributos em estudo.

Tabela 26 - Correlações entre os 15 atributos avaliados para bebida nova – Coeficiente de correlação de Pearson e valor p.

	CAM	OLE	AAL	ACAN	AMAD	BAU	QUI	CAR	DOCE	ACID	AMA	SAL	SMAD	ADS
CAM	1													
OLE		1												
AAL		<b>-0,67</b> <b>0,0494</b>	1											
ACAN				1										
AMAD	<b>0,87</b> <b>0,0024</b>				1									
BAU						1								
QUI	<b>-0,90</b> <b>0,0008</b>				<b>-0,95</b> <b>&lt;0,0001</b>		1							
CAR					<b>0,67</b> <b>0,0465</b>			1						
DOCE									1					
ACID										1				
AMA									<b>-0,71</b> <b>0,0309</b>	<b>0,84</b> <b>0,0041</b>	1			
SAL										<b>0,81</b> <b>0,0073</b>	<b>0,91</b> <b>0,0007</b>	1		
SMAD	<b>0,89</b> <b>0,0011</b>				<b>0,90</b> <b>0,0009</b>		<b>-0,94</b> <b>0,0001</b>	<b>0,69</b> <b>0,0387</b>					1	
ADS									<b>-0,78</b> <b>0,0126</b>		<b>0,76</b> <b>0,0180</b>			1
PUN										<b>0,89</b> <b>0,0013</b>		<b>0,68</b> <b>0,0437</b>		

CAM – Coloração amarela; OLE – oleosidade; AAL – aroma alcoólico; ACAN – aroma de caldo de cana; AMAD – aroma de madeira; BAU – aroma de baunilha; QUI – aroma de compostos químicos; CAR – aroma de caramelo; DOCE – gosto doce; ACID – gosto ácido; AMA – gosto amargo; SAL – sabor alcoólico; SMAD – sabor de madeira; SAD – sabor adstringente; PUN – sabor pungente.

A Tabela 27 apresenta os coeficientes de ponderação associados aos atributos não indicados para descarte.

O atributo coloração amarela teve maior coeficiente de ponderação para Can1 (1,01) que para Can2 (-0,15), sendo, portanto, relacionado principalmente à primeira variável canônica. Este atributo tem o maior coeficiente para Can1, sendo um dos principais responsáveis pela variabilidade entre as marcas observada ao longo do eixo X (Figura 21). Como o coeficiente é positivo, a intensidade da coloração amarela será maior quanto mais à direita estiver posicionada a marca.

Os atributo aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto ácido e gosto amargo tem maior coeficiente, em valor absoluto, em Can1 que em Can2, sendo mais relacionados à primeira variável canônica, contribuindo para a variabilidade entre as marcas ao longo do eixo X (Figura 21). Os atributos aroma de caramelo, gosto ácido e gosto amargo têm coeficientes positivos em Can1, indicando um comportamento semelhante à coloração amarela. O atributo aroma de compostos químicos, por sua vez, tem coeficiente negativo em Can1, mostrando comportamento inverso aos demais atributos mencionados.

Já os atributos oleosidade, gosto doce, sabor alcoólico e sabor de madeira tem maior coeficiente em Can2, sendo mais relacionados à segunda variável canônica. Estes atributos contribuem para a diferenciação das marcas ao longo do eixo Y (Figura 21), sendo que os atributos gosto doce (-0,70) e sabor alcoólico (0,58) são os de maior coeficiente, apresentando maior contribuição. Na Figura 21, quanto mais acima está posicionada a marca, maior a intensidade do sabor alcoólico e menor a intensidade dos atributos oleosidade, gosto doce e sabor de madeira.

O atributo aroma de cana tem coeficientes semelhantes, em valor absoluto, em Can1 (-0,24) e em Can2 (0,27), indicando que a relação entre este atributo e as duas primeiras variáveis canônicas é equivalente.

Tabela 27 - Coeficientes de ponderação associados aos atributos padronizados de maior importância relativa não indicados para descarte – bebida nova.

<b>Atributos</b>	<b>CAN1</b>	<b>CAN2</b>
Col. Amarela	<b>1,01</b>	-0,15
Oleosidade	0,15	<b>-0,36</b>
A. Cana	<b>-0,24</b>	<b>0,27</b>
A. Químicos	<b>-0,16</b>	-0,07
A. Caramelo	<b>0,20</b>	-0,04
G. Doce	0,05	<b>-0,70</b>
G. Acido	<b>0,32</b>	-0,13
G. Amargo	<b>0,33</b>	0,26
S. Alcoólico	-0,15	<b>0,58</b>
S. Madeira	0,11	<b>-0,19</b>
Proporção da variância (%)	56,8	18,84

Com base no exposto, o uso de variáveis canônicas possibilitou o descarte de 5 dos 15 atributos em estudo. Observando-se as Tabelas 23 e 26, constatou-se que os atributos indicados para descarte apresentam baixa variabilidade ou estão correlacionados com outros, conforme previsto pela análise por variáveis canônicas. Portanto, o uso desta técnica foi viável na redução do número de atributos levantados na ADQ.

#### **4.2.7. Correlação entre as medidas sensoriais e físico-químicas**

Após a avaliação sensorial, que determinou quantitativamente o perfil sensorial de cada uma das marcas de cachaça, e das determinações físico-químicas, foi realizada a análise da correlação entre as duas medidas. Os coeficientes de correlação de Pearson entre os dados estão apresentados na Tabela 28.

Foram observadas correlações positivas significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os atributos aroma de madeira, aroma de caramelo, sabor alcoólico e sabor de madeira e o teor alcoólico das amostras. O atributo aroma de compostos químicos teve correlação negativa significativa com o teor alcoólico. A correlação positiva entre o sabor alcoólico e o teor alcoólico é natural, uma vez que o principal responsável por este atributo é o etanol presente nas amostras. A relação entre os

Tabela 28 - Coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre as médias dos atributos sensoriais e das avaliações físico-químicas

	Teor Alcoólico	Acidez volátil	Acetaldeído	Acetato de etila	Metanol	1-propanol	Álcool Isobutílico	Álcool Isoamílico
<b>Coloração Amarela</b>	0,46	-0,06	0,43	0,18	0,33	-0,07	-0,08	0,29
<b>Oleosidade</b>	0,31	-0,18	0,25	0,06	0,39	0,08	-0,03	0,49
<b>Ar. Alcoólico</b>	0,13	0,16	-0,07	-0,10	0,18	0,18	-0,10	-0,30
<b>Ar. Cana</b>	-0,16	-0,14	0,09	-0,28	-0,20	-0,26	0,06	-0,12
<b>Ar. Madeira</b>	<b>0,55*</b>	0,08	0,39	0,30	0,36	-0,02	-0,14	0,23
<b>Ar. Baunilha</b>	0,41	0,18	0,39	0,34	0,18	-0,07	-0,07	0,09
<b>Ar. Químicos</b>	<b>-0,48*</b>	-0,29	-0,32	-0,40	-0,33	-0,17	0,16	-0,12
<b>Ar. Caramelo</b>	<b>0,52*</b>	0,27	0,27	0,45	0,37	0,07	-0,16	0,20
<b>G. Doce</b>	-0,25	0,02	-0,08	-0,27	0,05	0,01	0,31	0,10
<b>G. Acido</b>	0,02	0,00	0,17	-0,07	0,01	0,27	0,02	-0,23
<b>G. Amargo</b>	0,28	0,30	-0,03	0,21	0,13	0,44	-0,34	-0,42
<b>S. Alcoólico</b>	<b>0,54*</b>	<b>0,51*</b>	0,09	<b>0,48*</b>	0,32	0,27	-0,13	-0,37
<b>S. Madeira</b>	<b>0,54*</b>	0,10	0,35	0,33	0,35	-0,02	-0,14	0,21
<b>Adstringência</b>	0,37	<b>0,56*</b>	-0,34	0,45	-0,18	0,19	<b>-0,52*</b>	<b>-0,65*</b>
<b>Pungência</b>	0,33	0,23	-0,14	0,07	0,28	0,20	-0,26	-0,40

\* - significativo a 5% de probabilidade

outros atributos e o teor alcoólico não é tão direto. Os atributos aroma de madeira, aroma de caramelo e sabor de madeira estão ligados ao produto envelhecido, que na média tiveram maior teor alcoólico que os produtos novos, 41,7% contra 39,4% de etanol. O atributo aroma de compostos químicos, que teve correlação negativa com o teor alcoólico, está ligado ao produto novo, ou seja, é menor quando o produto é envelhecido. Este fato é demonstrado pelos valores deste atributo mostrados nas Tabelas 18 e 23, sendo de 3,25 para o produto envelhecido e de 5,79 para o produto novo.

Houve, também, correlações significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os atributos sabor alcoólico e adstringência e a acidez volátil; entre o sabor alcoólico e o teor de acetato de etila; e entre a adstringência e os teores dos álcoois isobutílico e isoamílico. Porém, estas correlações não evidenciam claramente uma ligação entre o composto analisado e o atributo sensorial.

#### **4.2.8. Protocolo preliminar para a avaliação da qualidade de cachaça**

A seguir, apresenta-se um protocolo de avaliação preliminar da qualidade sensorial da cachaça. Esta é uma versão preliminar, pois uma metodologia definitiva depende de estudos de validação, principalmente aqueles realizados em diferentes laboratórios e indústrias, com o objetivo de avaliar parâmetros como a adequação da linguagem, entendimento dos padrões estabelecidos, repetibilidade dos dados e robustez do método.

##### **4.2.8.1. Amostras**

- As amostras devem ser armazenadas em ambiente limpo, fresco e ao abrigo de luz direta.
- Deve-se utilizar amostras de um mesmo lote para a realização dos testes, pois pode haver variação significativa entre dois lotes diferentes.
- O produto deve ser servido em cálices ou taças transparentes, preferencialmente de cristal, em volume entre 15 mL e 20 mL. Este volume é suficiente para a realização da avaliação. Os cálices devem ser cobertos com

um vidro de relógio ou com algum tipo de tampa, desde que não transmita odores, de modo a evitar a perda de voláteis. Os materiais devem estar limpos, isentos de odores e na temperatura da sala.

- Pelo caráter alcoólico do produto, o número de amostras por sessão deve ser reduzido. A cachaça causa fadiga, prejudicando a avaliação se muitas doses forem servidas em seguida. O provador deve realizar uma pausa de pelo menos 30 minutos entre sessões. Três amostras por sessão é um bom número.
- As amostras devem ser armazenadas em embalagens de vidro com tampa hermética.

#### **4.2.8.2. Ambiente da avaliação**

- O ambiente deve ser limpo, sem interferência de aromas.
- A temperatura deve ser confortável.
- Deve ser bem iluminado, com luz branca para evitar a interferência na observação da cor. Um fundo branco para contrastar com a coloração da amostra também é necessário.
- Uma cabine isolada é o mais recomendado para a realização das avaliações.
- Deve-se limitar as possibilidades de distrações, como telefones, barulho de equipamentos ou música, e o trânsito ou concentração de pessoas.
- A avaliação deve ser realizada com a apresentação de apenas uma amostra por vez, acompanhada com um copo de água à temperatura ambiente, das fichas de avaliação e dos materiais necessários para seu preenchimento. Entre as sessões, pode-se servir biscoito água e sal ou similar para auxiliar no descanso do provador.

#### **4.2.8.3. Formação da equipe e treinamento**

- A equipe deve ser recrutada, treinada e selecionada seguindo as etapas descritas nas sessões 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3 e 3.2.3.6.
- No mínimo quatro provadores devem ser selecionados, sendo que um número maior é aconselhável. Uma equipe com número de provadores maior que o mínimo possibilita a reorganização das avaliações caso alguém não esteja presente ou não possa realizar as avaliações por qualquer outro motivo.
- Os candidatos têm de demonstrar disponibilidade e vontade para participar como um membro da equipe. Todos os detalhes do trabalho têm de ser bem explicados. Eles devem estar em boas condições de saúde e não portar doenças crônicas que possam prejudicar a percepção sensorial.
- Provadores que estejam com alguma enfermidade devem ser afastados da equipe até sua recuperação.
- Podem ser recrutados provadores fumantes, desde que não fumem até uma hora antes das sessões.
- Deve ser realizado o treinamento periódico dos provadores selecionados para evitar desvios com relação aos padrões.

#### **4.2.8.4. Padrões de referência**

- Os padrões devem ser preparados logo antes das sessões de treinamento. Quando necessário, eles devem ser armazenados em local limpo, fresco e ao abrigo da luz.
- Os compostos químicos puros devem ser armazenados conforme indicação do produtor.
- Os produtos naturais devem ser utilizados de forma mais fresca possível.
- Sempre utilizar produtos com elevado grau de pureza e que sejam seguros para o consumo por humanos.

#### 4.2.8.5. Análise das amostras

- As amostras devem ser avaliadas em triplicata por todos os provadores da equipe.
- Para a avaliação do produto envelhecido, devem ser analisados os atributos: coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, sabor alcoólico, sabor de madeira e sabor pungente.
- Para a avaliação do produto novo, devem ser analisados os atributos: coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico e sabor de madeira.
- Deve-se utilizar a ficha de avaliação (Figura 8) com as devidas modificações, dependente do tipo de produto.
- Recomenda-se que seja feita a análise visual da coloração amarela e da oleosidade em primeiro lugar. Em seguida, passa-se a avaliação dos atributos de aroma – aroma alcoólico, aroma de cana, aroma de madeira, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo – cheirando de boca aberta o cálice descoberto com a amostra. Por fim, coloca-se uma pequena quantidade da amostra na boca para a avaliação dos atributos de gosto e de sabor – gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico, sabor de madeira, adstringência e pungência.
- O perfil de cada amostra é obtido pelo cálculo da média dos julgamentos para cada atributo, dispostos em um gráfico radial.
- Comparações entre amostras podem ser realizadas pela realização de uma Análise de Variâncias e testes de comparação de médias, como o teste de Tukey.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados das análises físico-químicas mostraram que as marcas analisadas, a exceção da marca excluída, tinham teores de compostos químicos dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

A determinação de carbamato de etila revelou que a maior parte das marcas tem teores acima do estabelecido na legislação brasileira. Este resultado indica a necessidade de estudos para a alteração do processo de fabricação para o controle deste importante contaminante.

Os atributos coloração amarela, aroma de madeira, aroma de compostos químicos e sabor de madeira foram os que mais contribuíram para a diferenciação das marcas pelas equipes com diferentes números de provadores.

Para os atributos mais relevantes, as equipes formaram grupos semelhantes pelo teste de Duncan, quando comparados ao resultado da equipe de referência.

O primeiro componente principal foi, geralmente, correlacionado a atributos ligados a características conferidas principalmente pelo envelhecimento, e o segundo componente principal a características de produtos novos, sem envelhecimento. A separação das marcas no gráfico de dispersão considerando os dois primeiros componentes principais manteve uma configuração semelhante quando o tamanho da equipe foi reduzido a até quatro provadores. Esta configuração foi perdida para as equipes com três e dois provadores.

Os atributos coloração amarela, sabor de madeira e aroma de madeira foram os que tiveram maior retenção pelas equipes. Estes atributos foram os mais utilizados pelos provadores da maior parte das equipes para diferenciar as marcas.

As equipes com 8 provadores retiveram mais informações, com relação ao número de atributos significativos obtido pela equipe completa, seguida pelas equipes com 6 e 4 provadores, que tiveram o mesmo nível de retenção. As equipes com 3 e 2 provadores foram as que menos retiveram informações.

Considerando os resultados deste trabalho, sugere-se que a redução do tamanho da equipe de 10 para 4 provadores, apesar de levar a uma perda de informação, ainda pode ser feita, mantendo a caracterização e diferenciação entre marcas.

Para a avaliação de produtos envelhecidos, a análise por variáveis canônicas possibilitou a exclusão de quatro atributos, sendo considerados como de maior importância relativa os atributos: coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de baunilha, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, sabor alcoólico, sabor de madeira e sabor pungente. Para a avaliação de produtos considerados novos, foram excluídos cinco atributos, sendo considerados como de maior importância relativa os atributos: coloração amarela, oleosidade, aroma de cana, aroma de compostos químicos, aroma de caramelo, gosto doce, gosto ácido, gosto amargo, sabor alcoólico e sabor de madeira.

Foi proposto um protocolo para a avaliação da qualidade sensorial da aguardente e da cachaça, nova e envelhecida, utilizando a metodologia proposta de recrutamento e seleção dos provadores para compor a equipe de, no mínimo, 4 provadores. A ficha de avaliação é composta pelos atributos mais relevantes para cada tipo de bebida.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. ABRABE. Associação Brasileira de Bebidas – A cachaça. Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br/cachaca.php>>. Acesso em: 31/01/2006.
2. AMERINE, M. A.; PANGBORN, R. M.; ROESSLER, E. B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press, 1965.
3. ANDRADE-SOBRINHO, L.G.; BOSCOLO, M.; LIMA-NETO, B.S.; FRANCO, D.W. Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (cachaça, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova**, vol. 25, n. 6B, p. 1074-1077, 2002.
4. AUGUSTO, M.M.M.; QUEIROZ, M.I.; VIOTTO, W.H. Seleção e treinamento de julgadores para avaliação do gosto amargo em queijo prato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 25, n.4, p. 849-852, out/dez, 2005.
5. BAFFA JÚNIOR, J.C.; SOARES, N.F.F.; PEREIRA, J.M.A.T.K.; MELO, N.R. Ocorrência de carbamato de etila em cachaças comerciais da região da zona da mata mineira – MG. **Alim. Nut.**, v.18, n.4, p. 371-373, out./dez. 2007.
6. BERRY, D.R. Alcoholic beverage fermentations. In: LEA, A.G.H.; PIGGOTT, J.R. **Fermented Beverage Production**. London: Blackie Academic & Professional, 1995. p. 32-44.
7. BI, J. Agreement and reliability assessment for performance of sensory descriptive panel. **Journal of Sensory Studies**, v. 18, p. 61-76, 2003.
8. BRASIL. Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jul. 1994. Seção 1, p. 10661.
9. BRASIL. Instrução Normativa n. 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. **Diário Oficial da União**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 30 jun. 2005a. Seção 1, p. 3.
10. BRASIL. Instrução normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. Manual operacional de bebidas e vinagres. **Diário Oficial da União**, Ministério da

- Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 8 set. 2005b. Seção 1, p. 11.
11. BRASIL. Instrução Normativa n. 58, de 19 de dezembro de 2007. Os itens 4 e 9, do Anexo, da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005, passam a vigorar com as seguintes alterações. **Diário Oficial da União**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 8 jan. 2008. Seção 1, p.5.
  12. BRASIL. Instrução Normativa n. 27, de 15 de maio de 2008. Altera o item 9.4 da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 5 maio 2008. Seção 1, p. 1.
  13. BRASIL. Decreto n. 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. **Diário Oficial da União**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Seção 1, p. 20.
  14. BROCKHOFF, P.B. Statistical testing of individual differences in sensory profiling. **Food Quality and Preference**, v. 14, p. 425-434, 2003.
  15. BURDOCK, G.A. **Fenaroli's handbook of flavor ingredients**. 4ª edição. Boca Raton: CRC Press, 2002. 1831 p., ISBN 0-8493-0946-8.
  16. CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18, n.2, p. 169-175, maio/julho 1998.
  17. CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Análise Tempo-Intensidade de características sensoriais de aguardente durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus* sp). **Boletim da SBCTA**, 33(1): 27-34, jan/ jun 1999.
  18. CARDOSO, M. G. et al. **Cachaça: Qualidade e Produção**. Lavras: [s.n], 1999. (Boletim Técnico Série Extensão, v. VIII, n. 53, p. 1-26).
  19. CARNEIRO, J.C.S. **Análise Estatística Multivariada Aplicada à Avaliação Sensorial de Alimentos**. 2005, Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

20. CARVALHO, S.A. **Efeito do envelhecimento em tonéis de três espécies de madeira sobre a qualidade sensorial de aguardente de cana-de-açúcar.** 2001. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
21. CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 81 p.
22. COSTELL, E. A comparison of sensory methods in quality control. **Food Quality and Preference**, vol. 13, p. 341-353, 2002.
23. CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2ª Edição, Volume 2. Viçosa: Editora UFV, 2006, 585 p., 27 cm.
24. DIAS, S.; MAIA, A.; NELSON, D. Efeito de diferentes madeiras sobre a composição de aguardente de cana envelhecida. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.18, no.3, p.331-334, agosto, 1998.
25. EA (European co-operation for accreditation). **EA-4/09** – Accreditation for Sensory Testing Laboratories, Rev 01, 2003.
26. ENNIS, D.M. Multivariate sensory analysis. **Food Technology**, vol. 42, p. 118-122, 1988.
27. ELORTONDO, F.J.P.; OJEDA, M.; ALBISU, M.; SALMERÓN, J.; ETAYO, I.; MOLINA, M. Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation method. **Food Quality and Preference**, vol. 18, p. 425–439, 2007.
28. FICAGNA, E. **Influência do tempo de maceração na composição química do fermentado e do destilado de Pêssego [*Prunus pérsica* (L) Batsch], Cv. Chiripá.** 2005, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
29. HUNTER, E.A.; MCEWAN, J.A. Evaluation of an international ring trial for sensory profiling of hard cheese. **Food quality and preference**. vol. 9, n. 5, p. 343 -354, 1998.

30. IBRAC. Instituto brasileiro da cachaça. Apresenta dados sobre o mercado de cachaça. Disponível em: < <http://www.ibrac.net> >. Acesso em: 14/08/2009.
31. ISIQUE, W.D.; CARDELLO, H.M.A.B.; FARIA, J.B. Teores de Enxofre e Aceitabilidade de Aguardentes de Cana Brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.18, no.3, p.356-359, agosto 1998.
32. JAZANTTI, N.S. **Compostos voláteis e qualidade de sabor da cachaça**. 2004 179 f.. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
33. JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6ª edição. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2007, 794 p.
34. JOLLY, N.P and HATTINGH, S. A brandy aroma wheel for Sul African brandy. **South African Journal of Enology and Viticulture**, vol 22, n. 1, p. 16-21, 2001.
35. KING, B.M.; ARENTS, P.; MOREAU, N. Cost/efficiency evaluation of descriptive analysis panels. I – Panel size. **Food Quality and Preference**, vol. 6, p. 245-261, 1995.
36. LATREILLE, J.; MAUGER, E.; AMBROISINE, L.; TENENHAUS, M.; VINCENT, M.; NAVARRO, S.; GUINOT, C. Measurement of the reliability of sensory panel performances. **Food Quality and Preference**, vol. 17, p. 369–375, 2006.
37. LEA, P; RODBOTTEN, M. e NÆS, T. Measuring validity in sensory analysis. **Food Quality and Preference**, vol. 6, n. 4, p. 321-326, 1995.
38. LEE, K.Y.M.; PATERSON, A.; PIGGOTT, J.R. Origins of Flavour in Whiskies and a Revised Flavour Wheel: a Review. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 107, n. 5, p. 287-313, 2001.
39. LELIS, V.G. **Ocorrência de carbamato de etila e sua formação em cachaça de alambique e em aguardente de cana-de-açúcar**. 2006, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
40. LIMA, A.K.S.; NÓBREGA, I.C.C. Avaliação de parâmetros de qualidade em aguardentes de cana produzidas no estado da Paraíba. **B.CEPPA** ,v. 22, n. 1, P. 85-96, 2004.

41. MAÇATELLI, M. **Determinação do perfil sensorial de marcas comerciais de cachaça**. 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara.
42. MAMEDE, M.E.O.; PASTORE, G.M. Avaliação da produção dos compostos majoritários da fermentação de mosto de uva por leveduras isoladas da região da “Serra Gaúcha” (RS). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 24, n. 3, p. 453 – 458, 2004.
43. MEILGAARD, M.C.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 4ª edição. Boca Raton: CRC Press, 2006. 464 p., 25 cm. ISBN 08-493-3839-5.
44. MINAS GERAIS. Decreto Estadual n. 42.644, de 05 de junho de 2002. Regulamenta a Lei Estadual de Nº 13.949, de 11 de julho de 2001, que Estabelece o Padrão de Identidade e as Características do Processo de Elaboração da “Cachaça de Minas” e dá outras providências. Minas Gerais, **Diário do Executivo**, 06 jun. 2002, p.10, Col. 1.
45. MIRANDA, M.B. **Avaliação Físico-Química de Cachaças Comerciais e Estudo da Influência da Irradiação Sobre a Qualidade da Bebida em Tonéis de Carvalho**. 2005, Tese (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
46. MONROZIER, R.; DANZART, M. A quality measurement for sensory profile analysis – The contribution of extended cross-validation and resampling techniques. **Food Quality and Preference**, v. 12, p. 393-406, 2001.
47. NOBLE, A.C.; ARNOLD, R.A.; MASUDA, B.M.; PECORE, S.D.; SCHMIDT, J.O. and STERN, P.M. Progress towards a standardized system of wine aroma terminology. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 35, n. 02, p. 107-109, 1984.
48. NOBLE, A.C.; ARNOLD, R.A.; BUECHSENSTEIN, J.; LEACH, E.J.; SCHMIDT, J.O. and STERN, P.M. Modification of a standardized system of wine aroma terminology. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 38, n. 02, p. 143-146, 1987.

49. POWERS, J.J. Uses of multivariate methods in screening and training sensory panelists. **Food Technology**, vol. 42, p. 123-127, 1988.
50. REGAZZI, A. J. EST 746 – Análise multivariada (notas manuscritas). DPI – UFV. Viçosa, 2006.
51. RENCHER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. Nova Iorque: Wiley Interscience. 2002.
52. RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, 2009.
53. SAS Institute. **SAS User's Guide: statistics**. Cary, USA Inst., 1999.
54. SEBRAE. **Estudo de Viabilidade Econômica – Simulação da Produção de 60 Mil Litros de Cachaça por Safra**. Belo Horizonte, 2005.
55. STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A. e SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, v. 28, p. 24-34, 1974.
56. STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. 3ª Edição. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 408 p.
57. TOMIC, O.; NILSEN, A.; MARTENS, MAGNI; NÆS, T. Visualization of sensory profiling data for performance monitoring. **Lebensm. Wiss. u. – Technol**, v.40, p. 262-269, 2007.
58. YOKOTA, S. R. C. **Qualidade sensorial e físico-química de cachaças envelhecidas em recipientes de carvalho e algumas madeiras brasileiras**. 2002. 140f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
59. YOKOTA, S.R.C.; CHAVES, J.B.P.; COSTA, M.S.; MINIM, V.P.R.; SILVA, P.H.A. Mapa de preferência interno de cachaças envelhecidas em barril de carvalho ou tonéis de madeiras brasileiras. In: EXPOCACHAÇA, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Rede Mineira de Tecnologia da Cachaça, 2003. p. 27.
60. YOKOTA, S.R.C. **Avaliação Sensorial Descritiva de Cachaça Envelhecida por 18 a 24 Meses: Contribuição para um Protocolo de Qualidade da Bebida**. 2005, Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

## 7. ANEXO 1

### RECRUTAMENTO DE DEGUSTADORES

Você já deve ter ouvido falar de degustadores profissionais de vinho que analisam a bebida através de seu aroma, sabor e aparência, O que torna esses degustadores capazes de tal façanha é, principalmente, o treinamento que recebem,

Neste momento, o Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos-UFV, necessita formar uma equipe treinada de degustadores de **cachaça**, Se você deseja participar desta equipe, por favor, preencha este formulário e retorne-o a Secretaria de Pós-Graduação do DTA, com a Geralda, Se tiver qualquer dúvida, ou necessitar de informações adicionais, por favor, não hesite em nos contactar, A participação é permitida somente a pessoas com mais de 18 anos de idade, As informações deste formulário serão tratadas de forma confidencial e de nenhuma forma serão repassadas a terceiros,

Nome: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Faixa etária: ( ) 18-20 ( ) 21-30 ( ) 31-40 ( ) 41-50 ( ) 51-60

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone: Residência: \_\_\_\_\_ Trabalho: \_\_\_\_\_

Horários e dias da semana em que trabalha ou tem aula:

1-Além do relatado anteriormente, existe algum dia ou horário durante o qual você não poderá participar das sessões de degustação? Quais?

2-Indique o quanto você aprecia este produto:

• Cachaça	Gosto	Nem gosto/Nem desgosto	Desgosto
	( )	( )	( )

3 - Cite alimentos e/ou ingredientes que você desgosta muito,

4 - Cite um alimento que seja adstringente,

5 - Cite um alimento que seja amargo,

6 - Cite um alimento que seja ácido,

7 - Descreva alguns dos aromas perceptíveis na cachaça,

8 - Descreva alguns dos aromas perceptíveis no vinho,

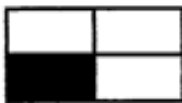
9 - Como você descreveria a diferença entre sabor e odor,

10 - Marque na linha à direita de cada figura, um trecho que indique a proporção da figura que foi coberta de preto (**não use régua**, use apenas sua capacidade visual de avaliar),

**Exemplos:**



nenhum |-----/-----| completo



nenhum |-----/-----| completo

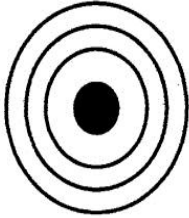


nenhum |-----/-----| completo

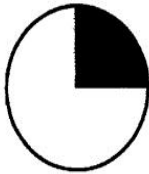
Agora é a sua vez:



nenhum |-----| completo



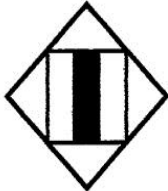
nenhum |-----| completo



nenhum |-----| completo



nenhum |-----| completo



nenhum |-----| completo



nenhum |-----| completo

11 - Com que frequência você consome cachaça?

---

12 - Especifique e explique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde,

---

13 - Você se encontra em dieta por razões de saúde? E m caso positivo, explique, por favor,

---

14 - Você está tomando alguma medicação que poderia influir em sua capacidade de perceber odores e sabores? Em caso positivo, explique, por favor,

---

15 - Indique se você possui:

	Sim	Não
Diabetes	( )	( )
Hipertensão	( )	( )
Hipoglicemia	( )	( )
Alergia a alimentos	( )	( )
Enxaqueca	( )	( )
Doenças Nasais	( )	( )
Doenças bucais	( )	( )
Outros: _____	( )	( )