

Características físico-químicas de aguardentes envelhecidas em barris confeccionados com diferentes madeiras

Diane Téó¹, Rogério Marcos Duarte¹, Miguel Ângelo Mutton², Márcia Justino Rossini Mutton^{1,3}

¹Unesp-FCAV, Depto. de Tecnologia. Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane, s/n. CEP 14884-900, Jaboticabal (SP), Brasil.

²Unesp-FCAV, Departamento de Produção Vegetal.

³Autor correspondente. mjrmutton@fcav.unesp.br

Resumo

Com a finalidade de se conhecerem madeiras nativas do Brasil que se assemelham ao carvalho para fabricação de tonéis, foram avaliadas as composições de aguardentes de cana produzidas em duas unidades industriais, envelhecidas em barris confeccionados a partir de carvalho, amburana, bálsamo e jequitibá. Após o período de 44 meses, foram realizadas determinações dos teores de ésteres, pH, grau alcoólico, álcool superior, furfural, acidez total e fixa. Os resultados revelaram a ocorrência de variações importantes na composição físico-química das aguardentes quando submetidas ao processo de envelhecimento. O tempo de armazenamento, a composição inicial das bebidas e a madeira utilizada no armazenamento constituíram fatores importantes para a qualidade final da bebida. O tempo de armazenagem mostrou aumento nos teores de ácidos, grau alcoólico, furfural e ésteres. As madeiras que conferiram as melhores características para as aguardentes foram o bálsamo e o carvalho, por apresentarem menor grau alcoólico e acidez e os maiores teores de ésteres.

Palavras-chave adicionais: madeiras nativas; envelhecimento; qualidade da bebida; tonéis de madeira; cachaça.

Abstract

TÉO, D.; DUARTE, R. M.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Physicochemical characteristics of sugarcane spirits aged in barrels made of different types of wood. *Científica*, Jaboticabal, v.33, n.2, p. 152-159, 2005.

The present investigation was undertaken to study some Brazilian native woods as potential substitutes for the European Oak in aging vats. The amount of esters, pH, alcohol content, higher alcohols, fixed acidity, furfural and total acidity of sugarcane spirits (cachaça) produced by two distilleries and aged for 44 months in vats made of European Oak, Amburana, Bálsamo and Jequitibá were analyzed. Large variations in the composition of spirits were found to be determined by the aging process. Aging time, composition of the spirits before aging and the type of wood were found to be important factors determining the final quality of spirits. The concentration of organic acids, alcohol, furfural, and esters increased with aging time. The best spirits were those aged either in European Oak or in Bálsamo due to their lower alcoholic content and acidity as well as higher esters content.

Additional keywords: Brazilian woods; aging; spirit quality; wood vats; cachaça.

Introdução

A aguardente é a segunda bebida alcoólica mais consumida no Brasil, ficando atrás apenas da cerveja, com uma produção de aproximadamente 1,3 bilhão de litros por ano. Entretanto, do total da produção nacional, apenas cerca de 1% do volume produzido é exportado, segundo dados apresentados pelo PROGRAMA BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA CACHAÇA (2003). Apesar da importância econômica e social deste produto, são relativamente escassos os estudos envolvendo sua avaliação química e sensorial. No entanto, a tentativa de conquista do mercado externo tem feito crescer a preocupação dos produtores com a qualidade dessa bebida tipicamente brasileira (ISIQUE et al., 2002).

A bebida é muito apreciada por seu aroma e sabor característicos, que podem ser otimizados por meio

do seu armazenamento em recipientes de madeira. Assim, além das atribuições do ponto de vista sensorial, o envelhecimento é uma forma de agregar valor ao produto (CARDELLO & FARIA, 1998).

Durante o processo de envelhecimento da aguardente, inúmeras reações químicas podem ocorrer, especialmente pela extração direta dos componentes da madeira, degradação dos componentes químicos da parede celular e as reações entre os componentes da madeira e o destilado (MOSEDALE & PUECH, 1998; MORI & MENDES, 2002). A madeira desempenha, assim, um papel importante na qualidade final da bebida. O destilado recém-obtido apresenta sabor seco e ardente, mesmo que o produto esteja perfeitamente dentro das especificações e seja de boa qualidade tecnológica (YOKOYA, 1995). Portanto, o envelhecimento é uma das mais importantes fases, considerando-se a produção e o processamento dos destilados, pois

nele a bebida adquire atributos necessários de aroma e sabor definidos como "redondo", "liso" e "suave", característico de bebida de alta qualidade.

No Brasil, madeiras de diferentes espécies florestais podem ser utilizadas para o envelhecimento da aguardente; no entanto, predomina a utilização de barris feitos de carvalho (*Quercus* sp). Em decorrência das dificuldades de aquisição e escassez do carvalho, tem-se estudado a possível substituição dessa madeira por outras de origem nacional na confecção de barris, para o armazenamento da aguardente de cana (BOZA & OETTERER, 1999).

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito do envelhecimento e as transformações de algumas características físico-químicas de aguardentes de duas unidades industriais da região de Ribeirão Preto (SP). As bebidas foram armazenadas em diferentes madeiras por período de 44 meses.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em Jaboticabal, SP (595 m de altitude, 21°15' de latitude sul, 48°18' de longitude oeste). O período total do estudo foi de novembro de 1998 a julho de 2002, sendo avaliados os tempos de envelhecimento de 0, 22, 24, 29, 33, 38 e 44 meses. Utilizou-se de um total de 5 600 litros de aguardente de cana recém-destilada, provenientes de duas unidades de produção, sendo caracterizada a unidade I como uma destilaria de médio porte, com capacidade de 1 400 a 1 500 L de aguardente por hora, e a unidade II, uma destilaria de grande porte, com capacidade de 2 500 L de aguardente por hora.

Os tonéis eram em número total de 32, com capacidade de 200 litros cada um, sendo adicionados 175 litros por tonel, para que fosse mantido um espaço vazio para as trocas gasosas. Foram utilizados quatro tipos de madeiras: amburana – *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith; bálsamo – *Myroxylon peruiferum* L. F.; carvalho – *Quercus* sp. e jequitibá – *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. As madeiras usadas para a confecção dos barris foram secas previamente ao ar livre, durante três a quatro anos. Os tonéis de amburana, bálsamo e jequitibá eram novos e não sofreram tratamento térmico durante sua confecção. Os barris de carvalho foram confeccionados a partir de pranchas recuperadas de barris importados usados.

Osmétodosanalíticos empregados foram os oficiais, testados e padronizados, a seguir: grau alcoólico real, segundo NOVAES (1988); acidez total, determinação de ésteres, álcool superior e furfural, conforme método oficial do BRASIL (1973); acidez fixa (método adaptado), segundo o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976) e pH, por potenciometria.

O delineamento experimental empregado foi o de

blocos casualizados, com parcelas subdivididas, segundo BANZATTO & KRONKA (1992), com quatro repetições, sendo as parcelas (tratamentos principais) as quatro madeiras e as subparcelas (tratamentos secundários), os períodos de envelhecimento estudados. Além das análises de variância, foram utilizadas regressões polinomiais, realizadas pelo programa estatístico Prisma (GraphPad Software versão 3.02, 2000), para o efeito do tempo de armazenamento.

Resultados e discussão

Durante o envelhecimento em tonéis de madeira, observou-se aumento no teor alcoólico das aguardentes provenientes de ambas as unidades (Figura 1), e somente as bebidas armazenadas em tonéis de carvalho não apresentaram teores significativamente diferentes ($p \leq 0,01$) do teor inicial. Este comportamento pode ser atribuído à maior retenção da fração alcoólica em relação à fração aquosa da bebida, causada por algumas características peculiares da madeira, tais como porosidade e permeabilidade, dentre outras, associadas ao tamanho e às condições ambientais a que foram submetidos os barris, sendo que, se o armazenamento for conduzido em ambientes quentes e secos, a perda de água é estimulada, incrementando o teor alcoólico. O inverso ocorre nos ambientes úmidos e com temperatura amena (MOSEDALE & PUECH, 1998).

A porosidade da madeira é um importante fator na escolha do tipo de espécie a ser utilizada, pois está diretamente relacionada às perdas de água e de álcool por evaporação, e às trocas gasosas, que são fundamentais para que haja a formação de novos compostos, que serão importantes na formação do buquê da bebida.

As aguardentes armazenadas em tonéis de amburana e jequitibá apresentaram os maiores acréscimos no teor alcoólico, possivelmente por apresentarem maior permeabilidade ao vapor d' água, quando comparados aos das demais madeiras (Tabela 1).

Em ambas as unidades, as bebidas contidas em tonéis de carvalho apresentaram maior redução dos valores de pH, sendo que, na unidade II, houve redução de mais de 20% durante os primeiros meses de armazenamento para todos os tratamentos, em relação ao tempo inicial (Figura 2).

O ácido acético é, quantitativamente, o principal componente da fração ácida das aguardentes (LIMA, 1964). A acidez da aguardente pode ser expressa em três categorias: total, fixa e volátil. Estes compostos tendem a aumentar com o envelhecimento, uma vez que, ao reagirem quimicamente com os álcoois, formam os ésteres, que estão entre os produtos secundários responsáveis pelo aroma da aguardente (CHAVES & PÓVOA, 1992).

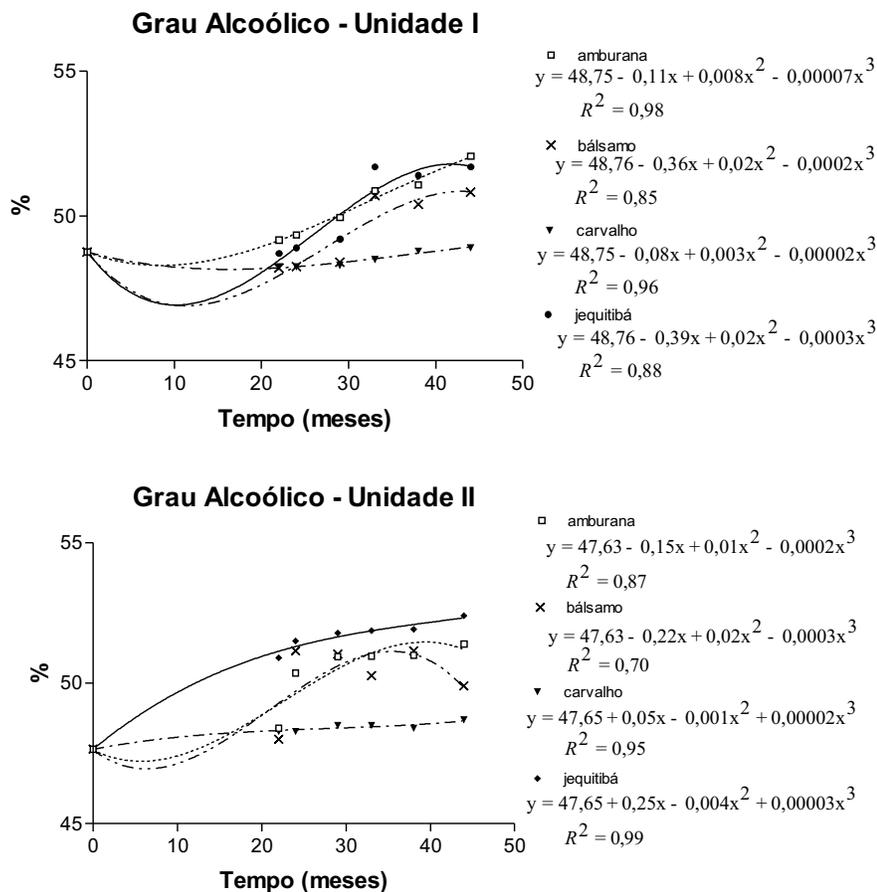


Figura 1 – Representação gráfica dos resultados obtidos para grau alcoólico, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, bálsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 1 – Graphic representation of the results for alcoholic grade (%) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, bálsamo, European Oak, and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Os resultados observados para acidez total (mg de ácido acético/100 mL de álcool anidro) estão registrados na Figura 3. Da sua análise, verifica-se que todas as madeiras dos diferentes barris acarretaram aumento substancial na acidez total das aguardentes durante o envelhecimento. As bebidas armazenadas em tonéis de amburana, nas duas unidades, e do bálsamo e do carvalho, na unidade II, sofreram acréscimos de mais de 100% em relação ao teor inicial de ácido acético, provavelmente como resultado da dissolução do ácido tânico, pelos materiais solúveis das madeiras, além da oxidação dos álcoois pela ação do oxigênio (VALSECHI, 1960). Os maiores acréscimos ocorreram para as bebidas envelhecidas em amburana, e os menores, para o jequitibá.

Observa-se que a bebida proveniente da unidade

II apresentava acidez bastante inferior à da bebida obtida da unidade I; no entanto, nos primeiros meses, houve aumento acentuado na acidez, o qual pode ser observado também pelos valores de pH. Para acidez fixa, as bebidas envelhecidas em tonéis de amburana sofreram grande variação em relação ao teor de ácido acético inicial, em ambas as unidades, com poucas variações ($p < 0,01$) para as demais madeiras (Figura 4). Pode-se verificar, na Figura 3, que a acidez fixa é responsável por grande parte da quantidade de ácido acético presente na acidez total das bebidas armazenadas em tonéis de amburana.

A amburana, por apresentar em sua composição maior concentração de ácido vanílico, além da presença de sinapaldeído (DIAS, 1997), quando em contato com a aguardente, possibilitará a formação de diversos

Tabela 1 – Características gerais das madeiras utilizadas para o envelhecimento das aguardentes, segundo JOHNSON (1994), citado por CARDOSO (2002).

Table 1 – General characteristics of the woods used for aging sugarcane spirits according to JOHNSON (1964) cited by CARDOSO (2002).

Características / Characteristics	Espécies de Madeiras / Wood Species			
	<i>Quercus</i> sp.	<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All. A.C. Smith)	<i>Myroxylon</i> <i>peruiferum</i> L.F.	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) O. Kuntze
Nomes Populares <i>Common names</i>	carvalho-branco carvalho-europeu	amburana cerejeira vumaré imburana umburana amburana-de-cheiro	bálsamo cabriúva pau-de-incenso	jequitibá coatinga jequitibá-branco jequitibá-rosado jequitibá-vermelho
Cor / <i>Color</i>	amarelo-acastanhado / (brownish yellow)	bege-amarelado / (yellowish beige)	castanho-avermelhado / (redish brown)	branco a rosado / (white to rosy)
Densidade / <i>Density</i> (kg dm ⁻³)	0,6 - 0,8 (moderadamente pesada a pesada) (moderately heavy to heavy)	0,6 (moderadamente pesada) (moderately heavy)	0,95 (pesada) (heavy)	0,78 (pesada) (heavy)
Resistência mecânica / <i>Mechanical resistance</i>	média a alta (moderate to high)	média (moderate)	alta (high)	média (moderate)
Permeabilidade / <i>Permability</i>	permeável a levemente impermeável (permeable to slightly impermeable)	permeável (permeable)	pouco permeável (little permable)	alta permeabilidade (igh permeability)
Durabilidade natural / <i>Natural durability</i>	média a alta (moderate to high)	baixa (low)	alta (high)	baixa (low)
Trabalhabilidade / <i>Workableness</i>	macia a levemente dura (soft to slightly hard)	macia (soft)	média (moderate)	levemente dura (slightly hard)
Sabor e aroma / <i>Taste and smell</i>	avanilado (vanilla)	avanilado e levemente adocicado (slightly sweet vanilla)	agradável, levemente adstringente (agreeable, slightly astringent)	sabor e aroma imperceptíveis (imperceptible taste and smell)

ácidos e ésteres, por meio das reações de oxidação ou esterificação (Figura 5) e na presença de oxigênio (YOKOYA, 1995), confirmando nossos resultados.

Os álcoois superiores são compostos orgânicos com uma hidroxila (OH) ligada diretamente ao átomo de carbono que não pertença a um anel aromático. São os compostos de maior proporção do chamado óleo fúsel, ou óleo de cana, podendo conferir sabor típico às aguardentes, ajudando a determinar seu buquê, segundo DIAS (1997).

Para as bebidas provenientes de ambas as unidades de produção, observou-se que, em todos os barris, ocorreram aumentos acentuados nos teores de álcool superior das aguardentes após 22 meses de envelhecimento (Figura 5). As frações armazenadas em bálsamo e amburana apresentaram as maiores concentrações (671 e 627 mg/100mL de a.a., respectivamente).

Os aumentos constatados no álcool superior das aguardentes estão coerentes com dados da literatura

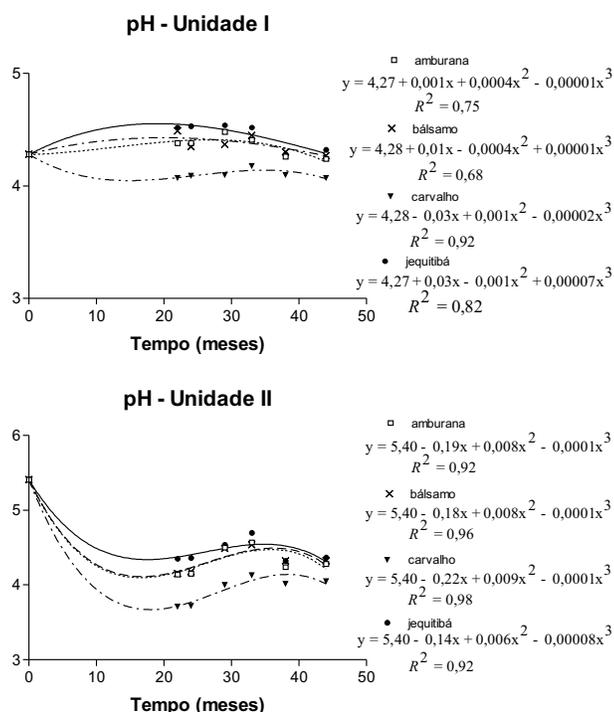


Figura 2 – Representação gráfica dos resultados obtidos para pH, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, balsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 2 – Graphic representation of the results for pH in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, balsamo, European Oak, and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

(DIAS, 1997; BOZA & OETTERER, 1999) e acham-se relacionados com a perda de volume por evaporação, durante o armazenamento, já que os vapores que se perdem são constituídos principalmente de água e álcool.

Segundo YOKOYA (1995), a proporção de álcoois superiores nas aguardentes é relativamente alta. Estes passam na destilação juntamente com os ésteres e são os principais responsáveis pelo aroma característico da aguardente.

Durante o envelhecimento, os ésteres são formados pela reação entre os álcoois e os ácidos. Assim sendo, seu teor tende a aumentar, de modo lento e progressivo, durante todo o tempo de envelhecimento

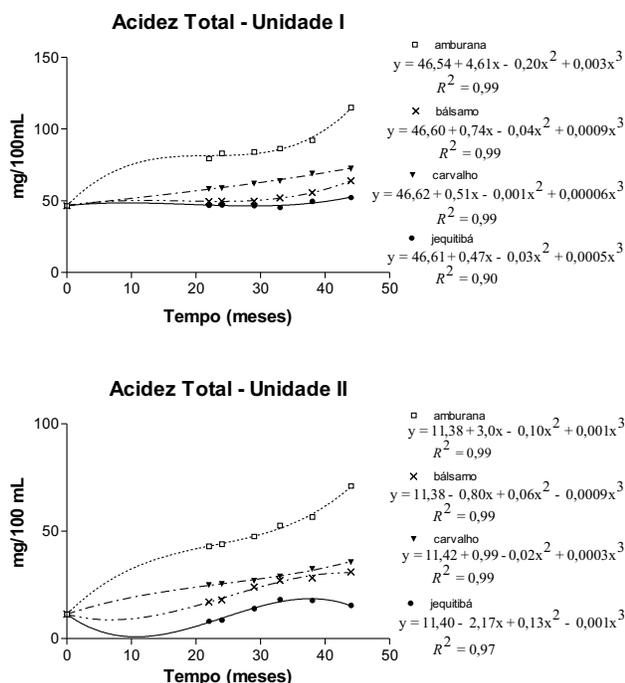


Figura 3 – Representação gráfica dos resultados obtidos para acidez total, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, balsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 3 – Graphic representation of the results for total acidity (mg/100 mL) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, balsamo, European Oak, and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

(ALMEIDA et al., 1974). Os resultados encontrados estão concernentes, visto que as aguardentes demonstraram variações dos teores de ésteres durante o período de armazenamento e, ao final deste, todas as bebidas sofreram aumento desses compostos (Figura 6).

Os ésteres são formados por um sistema dinâmico, influenciado por mudanças nas concentrações de ácido acético, etanol e água. Assim, a perda de água por evaporação e o aumento da concentração de ácido acético durante o envelhecimento resultam em aumento da concentração de acetato de etila, segundo BOZA & OETTERER (1999). Embora a bebida armazenada em tonéis de amburana tenha apresentado os maiores acréscimos nos teores de acidez, além de

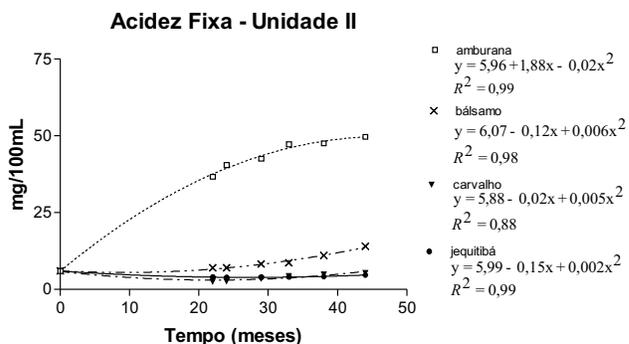
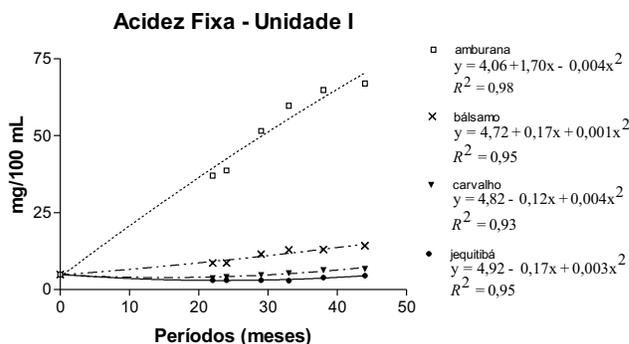


Figura 4 – Representação gráfica dos resultados obtidos para acidez fixa, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, bálsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 4 – Graphic representation of the results for fixed acidity (mg/100 mL) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, bálsamo, European Oak and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

alto teor alcoólico, não se verificou proporcionalidade entre estes teores e a formação de ésteres. As maiores concentrações destes compostos foram observadas nas bebidas armazenadas em bálsamo e carvalho, nas duas unidades (Figura 7).

O furfural é um aldeído formado como resultado da pirogênese da matéria orgânica depositada no fundo das caldeiras do aparelho de destilação, sendo máxima a sua proporção se o aquecimento for feito em fogo direto. É um composto de aroma penetrante, geralmente enjoativo, considerado indesejável em bebidas destiladas.

Em aguardentes armazenadas, o 2-furfuraldeído pode originar-se pela ação dos ácidos sobre pentoses,

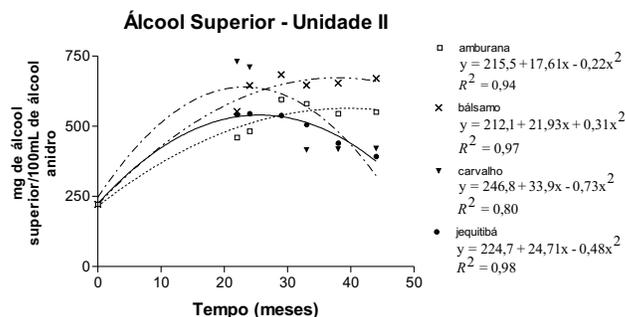
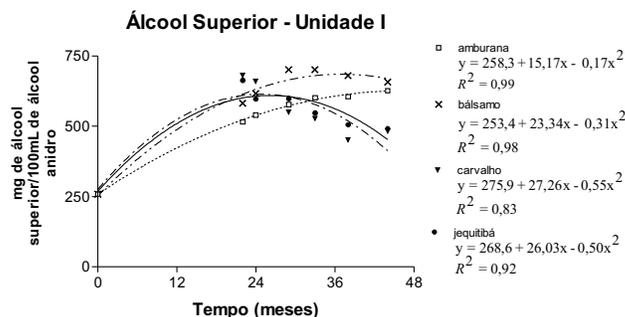


Figura 5 – Representação gráfica dos resultados obtidos para álcool superior, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, bálsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 5 – Graphic representation of the results for higher alcohols (mg of higher alcohol/100 mL of anhydrous alcohol) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, bálsamo, European Oak and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

hexoses e D-glicose, liberados pela hemicelulose e pela celulose, provenientes dos recipientes utilizados para o armazenamento da aguardente, que são hidrolisados e enriquecem o destilado (MOSEDALE & PUECH, 1998).

Observou-se, em ambas as unidades, aumento na concentração de furfural ao final do período de avaliação. Durante o armazenamento, o acréscimo do teor de furfural pode ser atribuído, segundo MAIA (1994), à desidratação e degradação térmica de açúcares, formados por termólise da celulose durante a manufatura do barril. A hemicelulose da madeira é constituída por polímeros heterogêneos, incluindo xilose e outros açúcares, cujos teores e proporções

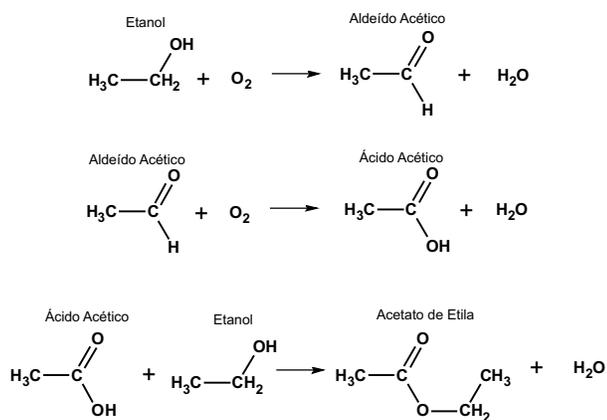


Figura 6 - Reações de oxidação durante o envelhecimento.

Figure 6 - Oxidation reactions during the aging process.

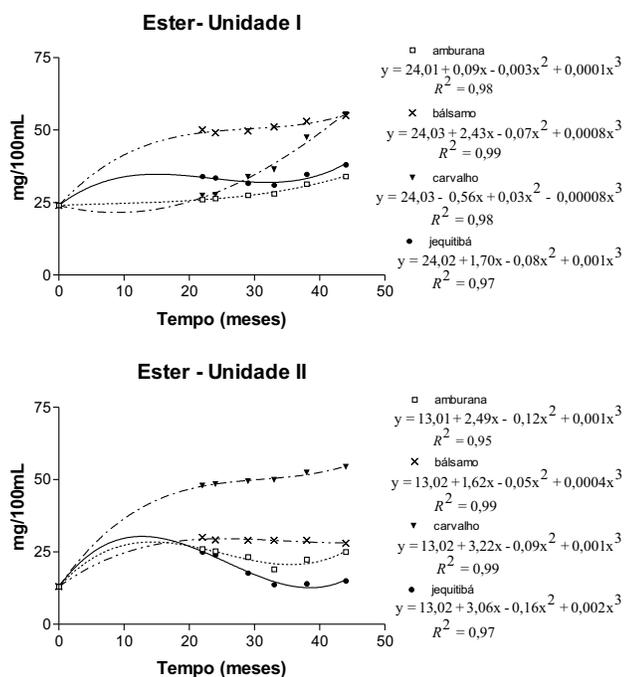


Figura 7 - Representação gráfica dos resultados obtidos para éster, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, bálsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 7 - Graphic representation of the results for esters (mg/100 mL) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, bálsamo, European Oak, and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

relativas variam com a espécie da madeira. Com o envelhecimento da aguardente, a hemicelulose é ligeiramente degradada em pentoses e hexoses, resultando em aumento de açúcares na bebida, que leva a furfural.

Segundo DIAS (1997), o aquecimento da madeira durante a secagem ou tanoagem acarreta a pirólise parcial da celulose e da hemicelulose, aumentando a interação da bebida com os componentes da madeira, tendendo, assim, a aumentar a concentração de furfural e de hidroximetilfurfural com o tempo de envelhecimento.

Pode-se constatar que, nas duas unidades, ocorreu menor aumento dos valores de furfural para as aguardentes envelhecidas em tonéis de jequitibá (Figura 8). Sendo estas concentrações determinadas

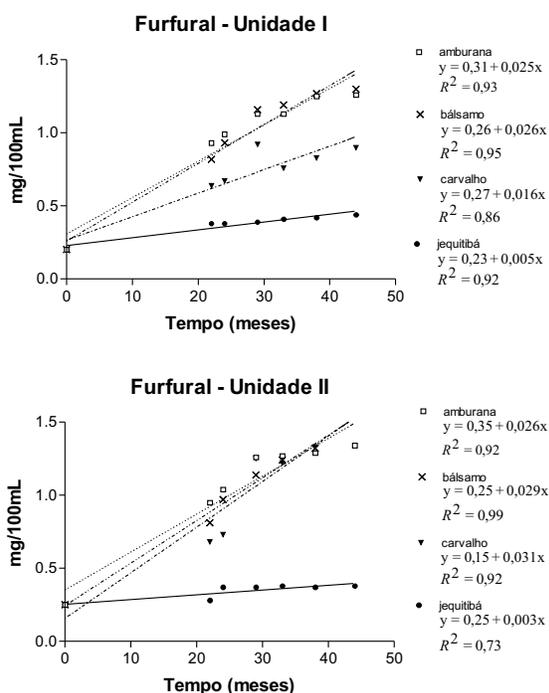


Figura 8 - Representação gráfica dos resultados obtidos para furfural, em aguardentes produzidas em destilarias de médio (Unidade I) e grande (Unidade II) portes, e envelhecidas em barris confeccionados com as madeiras amburana, bálsamo, carvalho e jequitibá. Jaboticabal (SP), 1998 a 2002.

Figure 8 - Graphic representation of the results for furfural (mg/100 mL) in sugarcane spirits produced in distilleries of medium (Unidade I) and large (Unidade II) capacities, and aged in vats made of amburana, bálsamo, European Oak, and jequitibá woods. Jaboticabal (SP), Brazil, 1998 to 2002.

Horizontal axis: time (months).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

pelo tipo de madeira usada na confecção do barril no qual a bebida foi envelhecida, possivelmente este comportamento esteja associado às características desta madeira.

Conclusões

O envelhecimento promove acréscimo de compostos secundários, que estão relacionados com a qualidade da bebida.

A amburana é a madeira que promove os maiores acréscimos na acidez da aguardente; portanto, não deve ser usada para o envelhecimento de bebidas que apresentam acidez elevada.

A madeira que mais se assemelha ao carvalho é o bálsamo, sendo que estas duas madeiras apresentaram os melhores resultados para a qualidade da bebida.

Referências

- ALMEIDA, J. R.; VALSECHI, O.; NOVAES, R. F. Envelhecimento das aguardentes. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.4, n.56, p.11-83, 1974.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 1992. 247p.
- BOZA, Y.; OETTERER, M. Envelhecimento de aguardente de cana. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.1, n.33, p.8-15, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria No 371, Complemento de Padrões de Identidade e Qualidade para Destilados Alcoólicos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 abr. 1973. Seção I, p.29.
- 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**, Campinas, v.18, n.2, p.169-175, 1998.
- CARDOSO, M. G. Análises físico-químicas de aguardente. In: CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2002. p.152-173.
- CHAVES, J. B. P.; PÓVOA, E. B. A qualidade de aguardente de cana-de-açúcar. In: MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Aguardente de cana - produção e qualidade**. Jaboticabal: Funep, 1992. p.93-132.
- DIAS, S. M. B. C. **Efeito de diferentes tipos de madeira sobre a composição química da aguardente de cana envelhecida**. 1997. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1997.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Secretaria da Saúde, 1976. v.1, 371p.
- ISIQUE, W. D.; LIMA NETO, B. S.; FRANCO, D. W. A bebida típica brasileira tem plenas condições de concorrer com outros destilados existentes no mundo, bastando para isso investimento em pesquisas e no aprimoramento da qualidade. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v.11, n.98, p.33-36, 2002.
- LIMA, U. A. **Estudo dos principais fatores que afetam os componentes do coeficiente não-alcoólico das aguardentes de cana**. 1964. 141f. Tese (Cátedra em Tecnologia do Açúcar e do Alcool) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1964.
- MAIA, A. B. Componentes secundários da aguardente. **STAB**, Piracicaba, v.12, n.6, p.34, 1994.
- MORI, F. A.; MENDES, L. M. Envelhecimento da cachaça utilizando diferentes tipos de madeiras. In: SEMINÁRIO SUL-MINEIRO DE CACHAÇA DE ALAMBIQUE, 1., 2002, Lavras. **Resumos...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, DQI, 2002. p.13.
- MOSEDALE, J. R.; PUECH, J. L. Wood maturation of distilled beverages. **Food Science & Technology**, Chicago, v.9, p.95-101, 1998.
- NOVAES, F. U. **Controle de destilaria de aguardente de cana**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 445p.
- PROGRAMA BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA CACHAÇA. Disponível em: < [http://. Pbdac.com.br](http://Pbdac.com.br) . Acesso em: 12 abr. 2003.
- VALSECHI, O. **Aguardente de cana-de-açúcar**, Piracicaba: ESALQ-USP, 1960. 120p.
- YOKOYA, F. **Fabricação de aguardente de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1995. 92p.

Recebido em 4-6-2004.

Aceito para publicação em 25-5-2005.