



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE AGUARDENTES PRODUZIDAS ARTESANALMENTE NA REGIÃO DO VALE DO TAQUARI NO RIO GRANDE DO SUL

Lucas SCHMIDT*

Sandro MARMITT*

Eniz Conceição OLIVEIRA**

Claucia Fernanda Volken de SOUZA**

■ **RESUMO:** A aguardente elaborada artesanalmente resulta em um produto final com características próprias e diferenciadas. Porém, devido à falta de controle do processo, muitas vezes não atendem aos parâmetros legais vigentes. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade e comparar a composição química de aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas e não envelhecidas produzidas artesanalmente na Região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul. Foram analisados os teores de etanol, acidez volátil, compostos fenólicos, cobre, acetona, aldeídos, ésteres, alcoóis superiores totais e metanol, além dos alcoóis *sec*-butílico e *n*-butílico de 15 amostras produzidas na região. Os resultados indicaram que 60% das amostras estavam em desacordo com alguns dos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. Além disso, as altas concentrações de cobre e aldeídos em algumas amostras comprometem a qualidade da bebida e representam um risco à saúde dos consumidores da região. A partir dos resultados obtidos verificou-se a necessidade de adoção de estratégias de apoio tecnológico que capacitem os produtores da Região do Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul, de modo a ampliar a atividade agroindustrial e melhorar a competitividade desses pequenos produtores.

■ **PALAVRAS-CHAVE:** Aguardente; produto artesanal; envelhecimento; controle de qualidade.

INTRODUÇÃO

A aguardente de cana, segundo a legislação brasileira, ⁸ (Instrução Normativa nº 13 de 29/06/2005), é a bebida com graduação alcoólica de 38 a 54% (v/v), a 20°C, obtida pela destilação simples do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de até 6 g.L⁻¹ de açúcares, expressos em sacarose. Já a cachaça se refere à denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% (v/v), a 20°C.

O processo produtivo da aguardente pode ser dividido em quatro etapas; preparação da matéria-prima, fermentação, destilação e envelhecimento, sendo que esta última é opcional. ¹ Embora a etapa de envelhecimento não seja uma exigência legal para a comercialização do produto, cada vez mais produtores têm incorporado esse estágio na produção da aguardente. ¹⁸ As reações que ocorrem durante o envelhecimento resultam em transformações de natureza física e química das bebidas destiladas, favorecendo a formação de compostos que influenciam a cor, o odor e o sabor do destilado. ²⁵ Dessa forma, a inclusão da etapa de envelhecimento no processo produtivo permite ao produtor de aguardente agregar valor ao seu produto, pois o mesmo adquire características de destilado nobre.

No Brasil, a aguardente é produzida de forma industrial ou artesanal. O produto obtido industrialmente é elaborado por grandes empresas e apresenta padronização da qualidade. Já o produto artesanal é elaborado em pequena escala de modo tradicional, sem qualquer controle tecnológico do processo, geralmente através de fermentação alcoólica por leveduras selvagens e destilação em alambiques de cobre, resultando em um produto final de qualidade variável e com elevados teores de metal. ²¹ O conhecimento detalhado da composição química da aguardente é importante não apenas para o controle de qualidade do produto, mas também para garantir a segurança da saúde dos consumidores, uma vez que permite a avaliação dos teores de cobre, metanol, aldeídos e outros compostos, cujos efeitos no organismo decorrentes do consumo de aguardentes com altas concentrações são extremamente danosos. ^{24,27,28}

A composição química e os requisitos de qualidade para a aguardente de cana e cachaça no Brasil são também fixados pela Instrução Normativa nº 13, ⁸ cujos coeficientes de congêneres, ou seja, o somatório dos componentes voláteis “não álcool” (acidez volátil (em ácido acético), aldeídos (em acetaldeído), ésteres totais (em acetato de etila), alcoóis superiores (soma dos alcoóis *n*-propílico, isobutílico e isoamílico) e furfural + hidroximetilfurfural) não poderá ser inferior a 200 mg.100 mL⁻¹ e não superior a 650 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro. Os limites máximos para

* Químico Industrial – Centro Universitário – UNIVATES – 95900-000 – Lajeado – RS – Brasil.

** Departamento do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas – Curso de Química Industrial – Centro Universitário – UNIVATES – 95900-000 – Lajeado – RS – Brasil. E-mail: clauciavolken@ig.com.br.

cada componente são: 150mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro para acidez volátil (expressa em ácido acético), 30mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para aldeídos totais (expressos em acetaldeído), 200mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para ésteres totais (expressos em acetato de etila), 360mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para álcoois superiores (expressos pela soma dos álcoois *n*-propílico, isobutílico e isoamílico) e 5mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para furfural + hidroximetilfurfural, além de uma quantidade não superior a 20mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para metanol, 10mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para álcool *sec*-butílico, 3mg.100mL⁻¹ de álcool anidro para álcool *n*-butílico e 5mg.L⁻¹ para cobre.

A Região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul possui uma quantidade significativa de produtores artesanais de aguardente. Como é um produto elaborado por produtores rurais, muitos deles organizados em agroindústrias familiares, esta atividade tem importância na vida econômica dos agricultores, constituindo-se numa importante fonte alternativa de sobrevivência. Contudo, o processo produtivo é realizado de forma empírica e rudimentar, com conhecimentos que passam de geração para geração. Dessa forma, as aguardentes produzidas não apresentam qualidade uniforme e, muitas vezes, apresentam defeitos que poderiam ser evitados caso houvesse um maior controle das práticas de fabricação artesanal. Tais fatos, associados à expansão do setor, levaram à necessidade de se conhecer a composição química da bebida produzida na região, a fim de confrontar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação e fornecer dados para futuras ações de capacitação dos produtores quanto à importância da qualidade do produto.

Portanto, os objetivos desse trabalho foram avaliar a qualidade e comparar a composição química das aguardentes de cana-de-açúcar envelhecidas e não envelhecidas produzidas artesanalmente na Região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Foram analisadas 15 amostras de 8 diferentes produtores de aguardentes de cana provenientes da Região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul, sendo oito amostras não envelhecidas, denominadas amostras 1S, 2S, 3S, 4S, 5S, 6S, 7S e 8S, provenientes de 8 produtores diferentes, e sete amostras envelhecidas, denominadas amostras 1E, 2E, 3E, 4E, 5E, 6E e 7E, provenientes de sete produtores, dentre os anteriormente citados, que elaboram aguardente não envelhecida e envelhecida. Todas as aguardentes foram adquiridas com os produtores da região, sendo devidamente identificadas e armazenadas até o momento das análises.

Métodos

Determinação da graduação alcoólica

As determinações dos teores alcoólicos foram realizadas mediante alcoômetro Gay Lussac (escala de 0 a 100°GL), com termômetro aferido a 20°C.¹⁷ As análises foram realizadas em triplicata.

Determinação dos teores de acidez e pH

Os teores de acidez total, fixa e volátil foram determinados por titulometria, com solução padrão de NaOH,¹⁷ sendo expressos em miligramas de ácido acético por 100 mL de álcool anidro. Para a determinação do pH utilizou-se um pHmetro da marca Digimed modelo DM-20. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Determinação do teor de cobre

A concentração de cobre, expressa em mg.L⁻¹, foi determinada através de espectrofotometria de absorção atômica² com chama ar/acetileno, oxidante, em espectrofotômetro Perkin Elmer modelo Analyst 100. Foi utilizada lâmpada de cátodo oco de cobre (324,8nm) e abertura de fenda de 0,7nm, empregando padrões Merck nas concentrações de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0mg.L⁻¹ preparados em solução etanol-água 4:6 v/v a 20°C. As análises foram realizadas em triplicata.

Determinação de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais presentes nas aguardentes foram determinados espectrofotometricamente a 700 nm após reação com solução de Folin-Ciocalteu¹⁹ em espectrofotômetro de feixe duplo da Perkin Elmer modelo lambda 25. A quantificação foi feita com a curva padrão de ácido gálico p.a. (Merck), utilizando-se o mesmo procedimento. As determinações foram realizadas em triplicata.

Determinação de compostos orgânicos

Os teores de ácido acético, aldeídos (acetaldeído), ésteres (acetato de etila), álcoois superiores (soma dos álcoois *n*-propílico (*n*-propanol), isobutílico (isobutanol) e isoamílicos), furfural, metanol, álcool *sec*-butílico (*sec*-butanol), álcool *n*-butílico (*n*-butanol) e acetona foram determinados por cromatografia gasosa utilizando-se cromatógrafo a gás da Agilent Technologies 6890N equipado com detector de ionização em chama (DIC) e uma coluna HP-FFAP (30 m x 250 µm x 0,25 µm), sendo todos expressos em mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro. As temperaturas do injetor e do detector foram de 250°C e o fluxo de gás de arraste (H₂) na coluna foi de 1,0 mL.min⁻¹. A temperatura inicial do forno foi de 35°C, na qual permaneceu por um período de 5 min, aumentando 10°C.min⁻¹ até 120°C e, então, 35°C.min⁻¹ até 220°C onde permaneceu por mais 3 min.

Para as determinações cromatográficas prepararam-se soluções padrão de grau analítico (Merck, Aldrich) contendo os seguintes compostos orgânicos: ácido acético, acetaldeído, acetato de etila, *n*-propanol, isobutanol, álcool isoamílico, furfural, metanol, *sec*-butanol, *n*-butanol, acetona e *n*-octanol (padrão interno - PI). As soluções foram preparadas em uma mistura etanol-água nas proporções 4:6 v/v, procurando-se reproduzir as condições da matriz analisada. O cromatograma da Figura 1 indica os picos correspondentes aos compostos analisados. Foram construídas as curvas de calibração (área do analito em função de sua concentração) para os diferentes compostos orgânicos analisados, obtendo-se coeficientes de correlação > 0,99 e limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) para cada composto orgânico estudado (Tabela 1). Cada ponto da curva foi preparado e injetado em triplicata. As amostras também foram injetadas em triplicata, com padrão interno (*n*-octanol) na concentração de 400 mg.L⁻¹, onde calculou-se a concentração de cada composto orgânico através da equação da reta da curva de calibração.

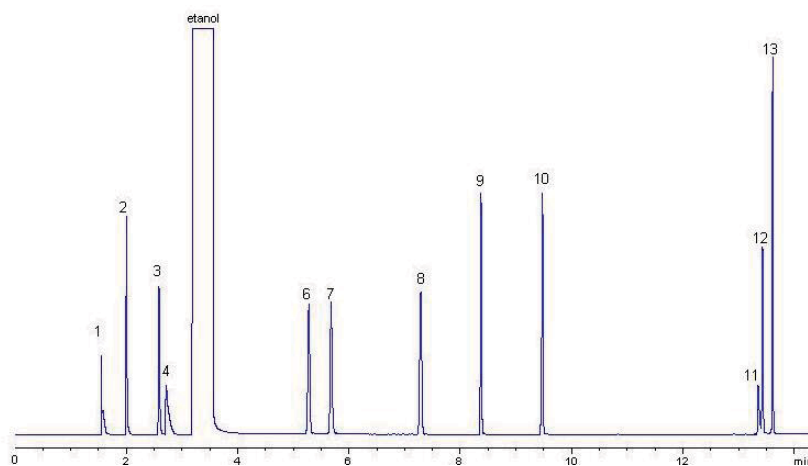


FIGURA 1 – Cromatograma dos padrões. Identificação dos picos correspondentes aos compostos orgânicos analisados: 1 = acetaldeído, 2 = acetona, 3 = acetato de etila, 4 = metanol, 6 = *sec*-butanol, 7 = *n*-propanol, 8 = isobutanol, 9 = *n*-butanol, 10 = álcool isoamílico, 11 = ácido acético, 12 = furfural e 13 = *n*-octanol (PI).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos resultados obtidos nas análises físico-químicas das amostras de aguardentes não envelhecidas e envelhecidas estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Os valores obtidos para o grau alcoólico variaram de 33 a 49°GL. Todas as amostras envelhecidas podem ser denominadas de Cachaça, conforme a Instrução Normativa nº 13,⁸ porém, entre as não envelhecidas, não podem ser assim denominadas as amostras 5S (33°GL) e 6S (49°GL), sendo que esta última pode ser classificada como Aguardente. A graduação alcoólica da amostra 5S está abaixo do limite mínimo estabelecido pela legislação, indicando falta de conhecimento tecnológico de um dos produtores da região em relação à técnica de destilação e/ou no procedimento de padronização do produto quanto a este parâmetro. Além disso, essa variação do teor alcoólico, de 33 a 49°GL, das aguardentes não envelhecidas e envelhecidas é decorrência da falta de um critério comum entre os produtores de aguardente artesanal do Vale do Taquari para a separação das frações cabeça, coração e cauda. Alguns utilizam a temperatura dos vapores no topo do alambique como critério da separação da fração cabeça, enquanto outros desprezam de 5 a 10% do volume

Tabela 1 – Dados obtidos para os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) para os compostos orgânicos (mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro).

Composto	Acetaldeído	Acetona	Acetato de etila	Metanol	<i>sec</i> -butanol	<i>n</i> -propanol	Isobutanol	<i>n</i> -butanol	Isoamílico	Ácido acético	Furfural
LD	0,42	0,38	0,42	0,59	1,06	1,11	0,63	0,99	0,28	0,92	0,90
LQ	0,88	0,76	0,90	1,39	2,82	2,95	1,52	2,58	0,46	2,39	2,34

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas das amostras de aguardentes não envelhecidas.

Análise	Amostras							
	1S	2S	3S	4S	5S	6S	7S	8S
Gradação Alcoólica (°GL)	46 ± 0,0	44 ± 0,0	44 ± 0,0	38 ± 0,0	33 ± 0,0	49 ± 0,0	42 ± 0,0	40 ± 0,0
Acidez (mg.100 mL⁻¹ álcool anidro)								
Total	173,2 ± 0,4	10,2 ± 0,4	8,0 ± 0,2	112,3 ± 0,0	280,4 ± 3,7	253,0 ± 1,7	123,6 ± 3,9	144,3 ± 0,2
Fixa	19,1 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,0	2,1 ± 0,0	11,2 ± 0,0	8,9 ± 0,0	4,2 ± 0,1	2,1 ± 0,0
Volátil	154,1 ± 0,4	8,5 ± 0,4	6,7 ± 0,2	110,1 ± 0,0	269,3 ± 3,8	244,1 ± 1,6	119,4 ± 4,0	142,2 ± 0,2
Compostos Fenólicos								
Totais (mg ácido gálico.L⁻¹)	9,42 ± 0,22	1,46 ± 0,07	0,69 ± 0,04	2,69 ± 0,07	4,28 ± 0,22	5,83 ± 0,37	1,58 ± 0,05	2,67 ± 0,15
pH	3,96 ± 0,02	4,51 ± 0,01	5,08 ± 0,02	4,07 ± 0,01	3,64 ± 0,01	3,80 ± 0,01	3,57 ± 0,01	3,67 ± 0,01
Cobre (mg.L⁻¹)	18,30 ± 0,16	2,26 ± 0,04	2,11 ± 0,05	6,13 ± 2,85	19,71 ± 0,02	19,66 ± 0,02	< LD	0,54 ± 0,00

Os resultados correspondem à média ± desvio padrão de três repetições.

LD = Limite de Detecção.

Tabela 3 – Resultados das análises físico-químicas das amostras de aguardentes envelhecidas.

Análise	Amostras						
	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E
Gradação Alcoólica (°GL)	43 ± 0,0	45 ± 0,0	40 ± 0,0	38 ± 0,0	38 ± 0,0	40 ± 0,0	44 ± 0,0
Acidez (mg.100 mL⁻¹ álcool anidro)							
Total	187,7 ± 0,0	174,5 ± 0,4	128,7 ± 0,6	158,9 ± 0,6	176,2 ± 0,2	456,2 ± 1,0	28,2 ± 0,9
Fixa	21,8 ± 0,0	14,0 ± 0,1	27,5 ± 0,1	12,8 ± 0,0	19,7 ± 0,0	76,2 ± 5,6	2,6 ± 0,2
Volátil	166,0 ± 0,0	160,6 ± 0,5	101,3 ± 0,5	146,1 ± 0,7	156,4 ± 0,2	380,0 ± 6,6	25,6 ± 1,2
Compostos Fenólicos							
Totais (mg ácido gálico.L⁻¹)	25,50 ± 0,15	20,96 ± 0,30	74,19 ± 2,21	10,40 ± 0,17	3,39 ± 0,09	24,00 ± 0,30	20,53 ± 0,65
pH	3,87 ± 0,01	3,62 ± 0,01	3,81 ± 0,01	3,62 ± 0,01	3,61 ± 0,01	3,52 ± 0,02	4,51 ± 0,01
Cobre (mg.L⁻¹)	15,31 ± 0,01	0,01 ± 0,00	1,80 ± 0,04	0,38 ± 0,00	0,20 ± 0,00	8,80 ± 0,01	0,72 ± 0,00

Os resultados correspondem à média ± desvio padrão de três repetições.

estimado de aguardente a ser obtido em função do teor de sólidos solúveis do caldo de cana. Já para a separação da fração cauda, alguns produtores interrompem a coleta da fração coração quando o destilado que está saindo do alambique, atingir 38°GL de concentração alcoólica, enquanto outros, fazem a interrupção somente quando a fração coração estiver com 48 a 50°GL. Os valores médios das graduações alcoólicas das amostras envelhecidas e não envelhecidas foram de 41,1 e 42°GL, respectivamente. Segundo Cardello & Faria,⁹ durante o período de envelhecimento da aguardente ocorrem reações de oxidação e esterificação que reduzem a concentração alcoólica.

Quanto à acidez volátil em ácido acético os valores médios dos teores para as amostras envelhecidas e não envelhecidas foram 131,8 e 162,3mg.100mL⁻¹ álcool anidro, respectivamente, com variação de 6,7 a 380mg.100mL⁻¹ álcool anidro. A ampla faixa de acidez volátil verificada nas aguardentes produzidas no Vale do Taquari pode ter ocorrido porque este parâmetro de qualidade está relacionado com vários fatores do processo de fabricação, tais como condições de higiene do ambiente e equipamentos, manejo do mosto e do vinho, tipo de levedura utilizada, controle do tempo, da temperatura e da aeração durante o processo fermentativo e critério de corte das frações cabeça e cauda, que são práticas características de cada produtor.^{6,14} Sete amostras, aproximadamente 47%, apresentaram acidez volátil acima do limite (150mg.100mL⁻¹ álcool anidro) estabelecido pela legislação vigente.⁸ Quanto a este parâmetro, Pereira et al.³¹ verificaram que, das 45 cachaças mineiras analisadas, apenas três estavam em desacordo, e Lima & Nóbrega²¹ constataram que as 10 marcas de aguardente avaliadas do estado da Paraíba atendiam ao padrão legal de acidez volátil. O grande número de aguardentes da Região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul em desacordo com o parâmetro de acidez volátil, principalmente, em relação a outros estados brasileiros, mostra a importância de um programa de capacitação dos produtores da região quanto ao controle dos diferentes parâmetros tecnológicos e da qualidade do produto. Provavelmente o processo de envelhecimento das aguardentes produzidas artesanalmente no Vale do Taquari tenha influenciado na maior acidez total das bebidas envelhecidas, média de 187,2mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto que das não envelhecidas esse valor médio reduziu para 138,1 mg.100mL⁻¹ álcool anidro.

A análise de compostos fenólicos totais mostrou que as amostras não envelhecidas apresentam uma concentração média de 3,58mg ácido gálico.L⁻¹, com valor mínimo de 0,69 e valor máximo de 9,42mg ácido gálico.L⁻¹, enquanto que o teor médio das amostras envelhecidas foi de 25,57mg ácido gálico.L⁻¹, variando de 3,39 a 74,19mg ácido gálico.L⁻¹. A maior média dos compostos fenólicos das amostras envelhecidas é devido ao processo de envelhecimento das aguardentes em barris de madeira, pois durante essa etapa são incorporadas ao destilado substâncias provenientes da degradação da celulose, hemicelulose e lignina, principalmente ácidos fenólicos, tais como gálico, tânico, ferúlico, siríngico e vanílico,¹ devido ao proces-

so de extração pelo etanol. Os resultados do teor de compostos fenólicos das amostras envelhecidas, obtidos neste estudo, apresentaram maior variação (de 3,39 a 74,19 mg ácido gálico.L⁻¹) que aqueles observados por Cardello & Faria,¹¹ que encontraram valores de 40,04 a 54,05 mg ácido tânico.L⁻¹ para três amostras de aguardentes comerciais brasileiras envelhecidas.

O pH médio das aguardentes não envelhecidas foi de 4,04, enquanto que o das amostras envelhecidas foi 3,79. Portanto, constata-se que o processo de envelhecimento das aguardentes produzidas no Vale do Taquari diminuiu o pH das mesmas, provavelmente devido ao aumento das concentrações dos compostos fenólicos e, conseqüentemente, dos ácidos no meio. Reduções dos valores de pH ao longo do tempo de envelhecimento para aguardentes armazenadas em barris de carvalho foram observadas por Cardello & Faria¹⁰ e Parazzi et al.³⁰

Em relação às concentrações de cobre, 50% das amostras não envelhecidas apresentaram valores acima do limite permitido pela legislação brasileira atual⁸, sendo que em três das aguardentes analisadas (1S, 5S e 6S) o teor desse metal foi quase quatro vezes superior ao limite permitido. A alta concentração de acidez volátil dessas amostras pode ter favorecido a contaminação por cobre das mesmas, uma vez que o sal de cobre [CuCO₃Cu(OH)₂] é mais solúvel em meio ácido²¹. Entre as amostras envelhecidas, duas (1E e 6E) apresentaram teores superiores a 5 mg.L⁻¹ para cobre. Esses resultados indicam uma inadequada higienização do destilador a fim de remover o azinhavre (carbonato básico de cobre solúvel em ácido) formado, uma vez que o cobre presente nas aguardentes é proveniente da dissolução desse sal que se forma no interior do alambique e, principalmente, nas partes internas da serpentina da resfriadeira, foi arrastado pelos vapores ácidos e alcoólicos da cachaça no momento da destilação.¹⁴ Embora, a presença desse metal, dependendo da concentração presente na aguardente, possa ser prejudicial à saúde dos consumidores do produto,²⁸ a utilização de alambiques de cobre na produção de cachaça e a conseqüente presença desse metal em pequenas quantidades na bebida é importante para que a aguardente tenha uma boa qualidade sensorial, pois esse atua como catalisador de algumas reações reduzindo o teor de compostos sulfurados, aldeídos e a acidez, que conferem ao produto destilado sabor e odor desagradáveis.^{13,18} Os valores médios das concentrações de cobre das amostras produzidas na Região do Vale do Taquari envelhecidas e não envelhecidas foram 3,89 e 8,59mg.L⁻¹, respectivamente. Cardello & Faria¹⁰ ressaltam que a redução do teor de cobre com o tempo de envelhecimento é mais uma das vantagens dessa etapa para melhorar a qualidade das aguardentes. Estes resultados médios são superiores aos obtidos por Labanca et al.,²⁰ que analisaram 71 amostras de aguardente de Minas Gerais e verificaram um teor médio de 2,30mg.L⁻¹, e por Lima & Nóbrega,²¹ que encontraram uma concentração média de 3,13mg.L⁻¹ para 10 amostras produzidas no estado da Paraíba. Os altos valores das concentrações de cobre das amostras produzidas no Vale do Taquari indicam a necessidade

de orientar os produtores artesanais sobre a importância e a forma correta de assepsia do destilador. Para minimizar os problemas de contaminação com o cobre, Cardoso¹⁴ sugere que as duas primeiras destilações do dia sejam feitas com água, sendo que na primeira deve-se adicionar suco de limão na proporção de 50mL de suco para 1L de água, e o alambique e condensador sejam preenchidos com água quando não estão estiverem sendo usados.

As médias dos resultados obtidos nas análises dos teores dos compostos orgânicos das amostras de aguardentes não envelhecidas e envelhecidas estão representadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

As concentrações de metanol variaram de 3,10 a 16,15mg.100mL⁻¹ álcool anidro e o teor médio das amostras não envelhecidas foi de 6,91mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto nas amostras envelhecidas esse valor médio aumentou para 9,59mg.100mL⁻¹ álcool anidro. O teor de metanol de todas as amostras analisadas estava em conformidade com o limite máximo permitido.⁸ Esses resultados indicam que os produtores estão tendo o cuidado de separar, por filtração, os fragmentos de cana-de-açúcar que se originam no momento da moagem ou passagem pela prensa. De forma semelhante, Bogusz Junior et al.,⁴ pesquisando a qualidade de 25 amostras de aguardentes produzidas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, verificaram que todas apresentavam níveis de metanol abaixo de 20mg.100mL⁻¹ álcool anidro. O metanol é um componente orgânico indesejável na aguardente, uma vez que é altamente tóxico ao homem. No organismo, esse álcool é oxidado a ácido fórmico e posteriormente a CO₂, provocando uma acidose grave, afetando o sistema respiratório, podendo levar à morte.²⁴ Na cachaça, o metanol é originado da degradação da pectina, polissacarídeo presente na cana-de-açúcar, a partir do metabolismo secundário das leveduras.^{4,30,33} Dessa forma, a presença desse álcool em aguardentes está relacionada a um inadequado processo de filtração do caldo, o que possibilita a presença de bagacilhos (fragmentos da cana-de-açúcar) no processo fermentativo.¹⁴

A análise de álcool *n*-propílico mostrou que as amostras não envelhecidas apresentam uma concentração média de 179,34mg.100mL⁻¹ álcool anidro, com valor mínimo de 23,44 e valor máximo de 800,29mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto o teor médio das amostras envelhecidas foi de 113,44mg.100mL⁻¹ álcool anidro, variando de 24,37 a 359,15mg.100mL⁻¹ álcool anidro. Os altos níveis de álcool *n*-propílico encontrados nas amostras 5S, 6S, 2E e 6E são indicativos de possíveis problemas de qualidade sensorial nestas aguardentes, uma vez que cachaças com maiores concentrações desse álcool apresentaram características sensoriais inferiores.^{5,33} O *n*-propanol não é produzido durante a fermentação pelas leveduras, mas pode ocorrer devido às fermentações secundárias pela ação de bactérias contaminantes.²² Segundo Boza & Horii⁵ o teor de álcool *n*-propílico pode ser reduzido na aguardente através da bidestilação, no caso de operação intermitente, fracionando-se o destilado com subsequente remoção da fração mais volátil (cabeça).

Com relação à concentração de álcool *n*-butílico, apenas uma amostra (2E) apresentou uma concentração acima, aproximadamente dez vezes superior, do limite máximo estabelecido pela atual legislação brasileira.⁸ Quanto ao teor de álcool *sec*-butílico, em torno de 47% das amostras avaliadas apresentaram concentrações em desacordo com o padrão legal,⁸ sendo que em duas aguardentes não envelhecidas (5S e 6S) foram verificados teores em torno de dez vezes acima do valor máximo permitido.

As concentrações de álcool isobutílico variaram de 1,52 a 88,76mg.100mL⁻¹ álcool anidro e o teor médio das amostras não envelhecidas foi de 43,86mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto nas amostras envelhecidas esse valor médio aumentou para 50,42mg.100mL⁻¹ álcool anidro. Em relação ao álcool isoamílico, os teores variaram de 81,77 a 195,32mg.100mL⁻¹ álcool anidro e a concentração média das amostras não envelhecidas foi de 119,25mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto nas amostras envelhecidas esse teor médio aumentou para 145,90mg.100mL⁻¹ álcool anidro. Resultados semelhantes para teores de álcool isobutílico e álcool isoamílico foram obtidos por Bogusz Junior et al.⁴ para aguardentes produzidas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul.

Os teores médios de álcool *n*-propílico, *sec*-butílico e somatório de alcoóis superiores das amostras não envelhecidas foram de 179,34; 32,38 e 342,46mg.100mL⁻¹ álcool anidro, respectivamente, enquanto nas amostras envelhecidas os valores médios foram inferiores, obtendo-se teores de 113,44; 11,93 e 309,76mg.100mL⁻¹ álcool anidro, respectivamente, provavelmente devido a algumas reações características do processo de envelhecimento das aguardentes tais como, oxidação de alcoóis a aldeídos, oxidação de aldeídos a ácidos e esterificação entre alcoóis e ácidos formando os ésteres.⁷

Três amostras (5S, 6S e 2E) apresentaram uma concentração de alcoóis superiores acima do limite permitido,⁸ sendo que a amostra não envelhecida 6S apresentou um valor (938,28 mg.100mL⁻¹ álcool anidro) quase três vezes superior ao máximo estabelecido pela legislação. De forma semelhante, Bogusz Junior et al.,⁴ pesquisando a qualidade de aguardentes produzidas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, observaram que amostras da microrregião Três Passos apresentavam níveis destes compostos acima do máximo estabelecido pela legislação. Porém, Vilela et al.³³ avaliando a qualidade de 21 cachaças produzidas artesanalmente no sul de Minas Gerais, observaram que todas as amostras apresentavam níveis de alcoóis superiores abaixo do padrão legal. Os altos valores das concentrações de alcoóis superiores das amostras produzidas no Vale do Taquari sugerem falta de cuidado de alguns produtores da região em relação ao corte da cana, ao tempo de espera para a moagem e fermentação, assim como a assepsia durante o processo de elaboração.³³ Além disso, a formação de alcoóis superiores é maior quando a levedura responsável pelo processo fermentativo possui baixa atividade biológica, resultando em uma fermentação lenta.³⁴ Algumas medidas podem ser tomadas para evitar a contaminação do produto por estes compostos, como não estocar a cana-de-açúcar por um período longo após o corte, evitando degradação de aminoácidos; lavar a cana antes da moagem, a fim de prevenir a contaminação do caldo por bactérias do solo heterofermentativas que podem aderir à cana, e isolar a sala de fermentação para evitar contaminação das dornas por bactérias que poderão interferir no desempenho das leveduras.¹⁴

Tabela 4 – Resultados (em mg.100mL⁻¹ de álcool anidro) das análises dos teores dos compostos orgânicos nas amostras de aguardentes não envelhecidas.

Composto Orgânico	Amostras							
	1S	2S	3S	4S	5S	6S	7S	8S
Metanol	7,28 ± 0,14	4,00 ± 0,21	8,02 ± 0,32	3,10 ± 0,37	7,72 ± 0,12	13,35 ± 0,16	4,56 ± 0,10	7,26 ± 0,36
Álcool <i>n</i> -proprílico	38,58 ± 0,38	66,34 ± 0,93	44,06 ± 0,68	94,10 ± 0,21	300,58 ± 0,34	800,29 ± 2,61	67,32 ± 0,80	23,44 ± 0,25
Álcool <i>n</i> -butílico	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LQ	< LD
Álcool <i>sec</i> -butílico	5,17 ± 0,08	< LD	< LD	20,41 ± 0,18	104,07 ± 0,18	82,62 ± 0,63	45,49 ± 0,18	< LD
Álcool isobutílico	43,43 ± 0,40	35,79 ± 0,55	44,76 ± 0,98	39,50 ± 0,11	29,90 ± 0,46	43,13 ± 0,10	37,62 ± 1,60	76,76 ± 0,32
Álcool isoamílico	111,83 ± 0,01	120,39 ± 1,68	138,38 ± 0,14	104,74 ± 0,03	81,77 ± 0,61	94,86 ± 0,61	133,90 ± 0,45	168,18 ± 0,42
Álcoois superiores	193,84 ± 0,80	222,52 ± 2,9	227,20 ± 1,51	238,35 ± 0,10	412,25 ± 1,20	938,28 ± 2,48	238,84 ± 2,82	268,38 ± 0,35
Acetaldeído	12,93 ± 0,30	3,18 ± 0,61	23,37 ± 0,35	10,99 ± 0,09	12,44 ± 0,20	12,67 ± 0,30	10,17 ± 0,13	7,87 ± 0,03
Furfural	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Acetona	< LD	< LQ	12,32 ± 0,34	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ácido acético	137,23 ± 1,23	11,71 ± 0,35	11,38 ± 0,19	102,03 ± 1,32	280,83 ± 1,16	245,07 ± 0,54	115,50 ± 2,99	159,69 ± 0,34
Acetato de etila	68,51 ± 0,13	12,11 ± 0,29	16,28 ± 0,29	32,83 ± 0,37	37,55 ± 0,16	227,33 ± 0,81	27,98 ± 0,74	46,54 ± 0,34
Congêneres	429,38 ± 1,23	246,29 ± 2,82	273,53 ± 1,56	392,31 ± 0,50	731,52 ± 3,48	1422,33 ± 2,82	396,34 ± 3,45	465,00 ± 0,17

Os resultados correspondem à média ± desvio padrão de três repetições.

LD = Limite de Detecção. LQ = Limite de Quantificação.

Tabela 5 – Resultados (em mg.100mL⁻¹ de álcool anidro) das análises dos teores dos compostos orgânicos nas amostras de aguardentes envelhecidas.

Composto Orgânico	Amostras						
	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E
Metanol	16,15 ± 0,71	3,97 ± 0,11	12,43 ± 0,53	8,63 ± 0,29	7,32 ± 0,81	11,09 ± 0,20	7,52 ± 0,79
Álcool <i>n</i> -propílico	95,36 ± 0,38	359,15 ± 0,37	60,26 ± 0,20	24,44 ± 0,15	24,37 ± 0,14	179,01 ± 2,39	51,54 ± 1,21
Álcool <i>n</i> -butílico	< LD	31,84 ± 0,03	< LQ	< LD	< LD	< LD	< LD
Álcool <i>sec</i> -butílico	35,85 ± 0,42	26,71 ± 0,17	< LD	< LD	< LD	14,15 ± 0,26	5,94 ± 0,07
Álcool isobutílico	53,03 ± 0,57	< LQ	52,14 ± 0,31	88,76 ± 0,52	82,86 ± 0,20	26,85 ± 0,35	48,48 ± 0,70
Álcool isoamílico	134,81 ± 0,18	106,26 ± 0,66	149,03 ± 0,46	195,32 ± 0,50	183,20 ± 0,43	96,56 ± 0,97	156,12 ± 0,86
Álcoois superiores	283,19 ± 1,13	466,22 ± 0,96	261,44 ± 0,78	308,52 ± 0,87	290,43 ± 0,63	302,42 ± 3,70	256,13 ± 2,51
Acetaldeído	9,37 ± 0,06	30,85 ± 0,13	12,12 ± 0,51	8,84 ± 0,29	7,89 ± 0,60	13,60 ± 0,0	7,42 ± 1,08
Furfural	< LD	< LD	< LD	< LQ	< LQ	3,74 ± 0,11	< LD
Acetona	< LD	1,85 ± 0,02	1,91 ± 0,03	< LQ	< LQ	< LD	11,68 ± 0,22
Ácido acético	147,91 ± 8,36	158,11 ± 1,61	96,88 ± 0,38	170,43 ± 0,97	171,35 ± 1,39	399,86 ± 15,05	22,75 ± 0,50
Acetato de etila	59,64 ± 1,08	67,04 ± 0,71	46,01 ± 0,76	40,91 ± 0,72	37,90 ± 1,62	194,07 ± 0,40	10,63 ± 0,14
Congêneres	518,18 ± 2,28	725,19 ± 1,14	420,83 ± 0,41	506,10 ± 1,44	494,78 ± 1,84	893,79 ± 2,70	299,78 ± 3,31

Os resultados correspondem à média ± desvio padrão de três repetições.

LD = Limite de Detecção. LQ = Limite de Quantificação.

Somente uma aguardente (amostra envelhecida 2E) apresentou concentração de acetaldeído ($30,85\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro) acima do limite permitido pela legislação brasileira.⁸ Tal aldeído é formado devido à ação das leveduras durante o processo de fermentação alcoólica, sendo que ao final dessa etapa a concentração desse composto tende a diminuir em decorrência da redução a etanol, portanto o teor de acetaldeído em aguardentes pode ser minimizado evitando aeração no final da fermentação.²² No entanto os aldeídos podem ser gerados durante o envelhecimento em recipientes de madeira.⁷ Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes et al.¹⁶ em um estudo de avaliação da qualidade de 17 amostras de cachaça do sul de Minas Gerais. Já Bogusz Junior et al.⁴ e Barcelos et al.,³ investigando os teores de acetaldeído de cachaças produzidas na Região Noroeste do Rio Grande do Sul e em três regiões do estado de Minas Gerais, respectivamente, observaram que todas as amostras estavam em conformidade com o limite legal. O teor médio de acetaldeído das aguardentes do Vale do Taquari não envelhecidas foi de $11,70\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro, enquanto nas amostras envelhecidas esse valor médio aumentou para $12,87\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro, sendo que a variação desse aldeído para as 15 amostras analisadas foi de 3,18 a $30,85\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro. Esses teores médios e limite máximo de concentração de acetaldeído são superiores aos obtidos por Nascimento et al.²⁷ para 56 amostras de aguardentes brasileiras (média de 9,52 com variação de 3,30 a $20,00\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro). Aldeídos com até oito carbonos são compostos que prejudicam a qualidade sensorial das aguardentes, além de causarem graves problemas ao sistema nervoso central e provocarem náuseas, vômitos, cefaléia, decréscimo da pressão cardíaca e taquicardia, se presentes em excesso no produto final.^{5,27} Porém, procedimentos básicos adotados durante o processo de elaboração da cachaça podem evitar a contaminação do produto final, como não queimar a cana-de-açúcar antes do corte, pois isto causa uma parcial desidratação de uma parte dos açúcares, e, principalmente, separar corretamente a fração cabeça, que contém a maior concentração dos compostos aldeídos, durante o processo de destilação.¹⁶

Em relação à concentração de furfural, 12 amostras (80%) apresentaram níveis médios abaixo do limite de detecção ($0,90\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro), 2 amostras (13,3%) abaixo do limite de quantificação ($2,34\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro) e 1 amostra (6,7%) em torno de $4\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro. O teor de furfural de todas as amostras analisadas não excedeu ao limite máximo permitido pela legislação brasileira vigente.⁸ Esses resultados indicam que os produtores da Região do Vale do Taquari não queimam o palhico antes da colheita da cana-de-açúcar e destilam um vinho de cana-de-açúcar livre de açúcares residuais, polissacarídeos provenientes dos bagacilhos.^{22,23} De forma semelhante, Barcelos et al.,³ pesquisando a qualidade de 52 amostras de aguardentes produzidas em três regiões do estado de Minas Gerais, verificaram que todas apresentavam níveis de furfural abaixo de $5\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro, limite máximo permitido pela legislação. O furfural é um componente

orgânico indesejável na aguardente, uma vez que é nocivo ao organismo e afeta o sabor e aroma da bebida devido às características organolépticas picantes típicas dos aldeídos.¹⁴ A queima da palha da cana-de-açúcar gera diversos compostos, dentre eles o furfural, que possivelmente são transferidos da cana queimada para a aguardente durante o processo de produção.²³ Além disso, a presença de compostos não voláteis no vinho, a pirogenação da matéria orgânica depositada no fundo do alambique e a condução inadequada da temperatura de destilação influenciam na síntese do furfural. Nas aguardentes envelhecidas esse aldeído pode ser oriundo da ação de ácidos sobre as pentoses e seus polímeros (hemiceluloses),³⁴ da desidratação e da degradação térmica dos açúcares³² ou da adição de caramelo, uma prática muito comum entre os produtores.⁷

Com relação à concentração de acetona, 8 amostras (53,3%) apresentaram níveis médios abaixo do limite de detecção ($0,38\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro), 3 amostras (20%) abaixo do limite de quantificação ($0,76\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro), 2 amostras (13,3%) em torno de $2\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro e em 2 amostras (uma não envelhecida – 3S e uma envelhecida – 7E) os teores médios encontrados excederam a $11\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro. As concentrações máximas obtidas foram superiores a descrita por Cardoso et al.¹² que, pesquisando os níveis de cetonas em 34 cachaças brasileiras, encontrou um teor máximo de acetona de $1,48\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$. Os níveis encontrados nas amostras do Vale do Taquari representam um risco à saúde dos consumidores dessas aguardentes, pois embora cetonas não sejam consideradas carcinogênicas, suas inalações prolongadas podem causar irritação das membranas das mucosas, dores de cabeça, efeitos narcóticos e levar ao coma.²⁹ A origem das cetonas nas cachaças está relacionada a processos de fermentação secundários e possíveis contaminações durante a produção.¹⁵

A concentração de ácido acético das amostras envelhecidas variou de 22,75 a $399,86\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro, enquanto nas aguardentes não envelhecidas a variação foi de 11,38 a $280,83\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ álcool anidro. O alto teor de ácido acético da amostra 6E pode prejudicar a qualidade sensorial dessa aguardente. Esse valor elevado provavelmente é consequência de descuidos durante o processo fermentativo. Concentrações excessivas de ácido acético estão relacionadas com um excesso de tempo entre a finalização da fermentação e o início da destilação, resultando na proliferação de bactérias acéticas.¹⁴ Entre os ácidos orgânicos, produtos secundários da fermentação alcoólica, o ácido acético tem sido quantitativamente o principal componente da fração ácida das aguardentes.²⁶ Esse ácido em aguardentes é consequência, principalmente, de contaminações e em pequena proporção devido à oxidação do acetaldeído pelas leveduras. Embora os ácidos orgânicos sejam de importância para a qualidade sensorial do produto, pois reagem com os alcoóis presentes formando os ésteres (compostos responsáveis pelo aroma) um excesso dos mesmos promove um sabor indesejado e ligeiramente agressivo em aguardente, depreciando a qualidade senso-

rial da bebida.⁵ O teor médio de ácido acético das amostras não envelhecidas foi de 132,93mg.100mL⁻¹ álcool anidro, enquanto nas amostras envelhecidas esse valor médio aumentou para 166,76mg.100mL⁻¹ álcool anidro. Conforme Boza & Oetterer,⁷ durante o envelhecimento de aguardentes ocorre um aumento da concentração de ácido acético devido à oxidação de etanol, favorecida pela porosidade da madeira.

Quanto à análise de ésteres, expressos em acetato de etila, os valores médios dos teores para as amostras não envelhecidas e envelhecidas foram 58,64 e 65,17mg de acetato de etila.100mL⁻¹ álcool anidro, respectivamente, com variação de 10,63 a 227,33mg de acetato de etila.100mL⁻¹ álcool anidro. Somente uma amostra (6S) apresentou-se em desacordo com o limite máximo estabelecido pelo Ministério da Agricultura⁸ para a concentração de ésteres expressos em acetato de etila. Já Fernandes et al.,¹⁶ analisando a qualidade de 17 amostras de cachaça do sul de Minas Gerais, observaram que todas as bebidas estavam de acordo com esse parâmetro da legislação, embora 43,75% das amostras avaliadas apresentaram-se acima dos limites de qualidade para algum dos parâmetros analisados. O mesmo foi relatado por Vilela et al.³³ quando observaram que 21 cachaças artesanais do sul de Minas Gerais apresentavam concentrações de ésteres abaixo do limite máximo permitido pela legislação. Segundo os autores este resultado era esperado, já que todas as cachaças utilizadas eram recém destiladas, e a concentração deste composto aumenta durante o envelhecimento.

A legislação brasileira atual⁸ determina que as quantidades de compostos secundários totais (voláteis totais) em aguardentes devem estar entre os limites de 200 a 650 mg.100mL⁻¹ de álcool anidro. Com relação a estes compostos, pode-se perceber que quatro (amostras 5S, 6S, 2E e 6E) das 15 aguardentes apresentaram concentrações superiores ao valor máximo permitido. Esses resultados elevados, principalmente, na amostra 6S, se devem às altas concentrações de alcoóis superiores dessas aguardentes.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram que 60% das amostras (nove aguardentes) estavam em desacordo com algum dos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação brasileira. Além disso, as altas concentrações de cobre e aldeídos em algumas amostras do Vale do Taquari comprometem a qualidade da bebida e representam um risco à saúde dos consumidores da região. Esses dados indicam que os produtores da região deveriam receber algum treinamento e trocar experiências a fim de melhorar os seus processos, bem como solucionar os problemas de produção e as dificuldades tecnológicas, visando a melhoria da qualidade da aguardente elaborada na Região do Vale do Taquari, ou seja, à obtenção de um produto de qualidade e constante.

SCHMIDT, L.; MARMITT, S.; OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, C. F. V. Physicochemical properties of spirits produced artisanally in the Region of Vale do Taquari in Rio Grande do Sul. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 539-551, out./dez. 2009.

■ **ABSTRACT:** The sugar cane spirit produced by artisanal methods results in a final product with its own characteristics, but due to the lack of process control it often does not meet current legal parameters. So, this study aimed to evaluate the quality established by legislation and compare the chemical compositions of spirits from sugar cane aged and non-aged produced artisanally in the Region of Vale do Taquari in Rio Grande do Sul. The concentrations of ethanol, volatile acidity, phenolic compounds, copper, acetone, aldehydes, esters, methanol and total higher alcohols, in addition to the sec-butyl and n-butyl alcohols, were determined in 15 samples produced in the region. The results indicated that 60% of the samples were in disagreement with some of the identity and quality standards established by Brazilian legislation. Furthermore, high concentrations of copper and aldehydes in some samples compromise the quality of the beverage and represent a risk to the consumer health in the region. From the results there is a need to adopt strategies for technological support, which enable producers in the Region of Vale do Taquari in Rio Grande do Sul to expand the agroindustrial activity and improve competitiveness of these small producers.

■ **KEYWORDS:** Sugar cane spirit; artisanal product; aging; quality control.

REFERÊNCIAS

1. AQUINO, F. W. B. et al. Determinação de marcadores de envelhecimento em cachaças. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 26, p. 145-149, 2006.
2. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Arlington, 1995. 2v.
3. BARCELOS, L. V. F. et al. Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes cachaças produzidas em três regiões do estado de Minas Gerais: zona da mata, sul de Minas e Vale do Jequitinhonha. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 30, p. 1009-1011, 2007.
4. BOGUSZ JUNIOR, S. et al. Composição química da cachaça produzida na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 26, p. 793-798, 2006.
5. BOZA, Y.; HORII, J. Influência da destilação sobre a composição e a qualidade sensorial da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 18, p. 391-396, 1998.

6. BOZA, Y.; HORII, J. Influência do grau alcoólico e da acidez do destilado sobre o teor de cobre na aguardente de cana. **B. CEPPA**, Curitiba, v.18, p.85-94, 2000.
7. BOZA, Y.; OETTERER, M. Envelhecimento de aguardente de cana. **B. SBCTA**, Campinas, v. 33, p. 8-15, 1999.
8. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13 de 29 de junho de 2005. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jun. 2005. Seção 1, p. 3-4.
9. CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA J. B. Análise descritiva quantitativa da aguardente de cana durante envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 18, p. 169-175, 1998.
10. CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA J. B. Modificações físico-químicas e sensoriais de aguardente de cana durante o envelhecimento em tonel de carvalho (*Quercus alba* L.). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 15, p. 87-100, 1997.
11. CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA J. B. Perfil sensorial e características físico-químicas de aguardentes comerciais brasileiras envelhecidas e sem envelhecer. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 3, p. 31-40, 2000.
12. CARDOSO, D. R. et al. HPLC–DAD analysis of ketones as their 2,4-dinitrophenylhydrazones in Brazilian sugarcane spirits and rum. **J. Food Compos. Anal.**, San Diego, v. 16, p. 563-573, 2003.
13. CARDOSO, D. R. et al. Influência do material do destilador na composição química das aguardentes de cana. Parte II. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 26, p. 165-169, 2003.
14. CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana**. 2. ed. Lavras: EDUFLA, 2006. 444p.
15. COUTRIM, M. X.; NAKAMURA, L. A.; COLLINS, C. H. Quantification of 2,4-dinitrophenylhydrazones of low molecular mass aldehydes and ketones using HPLC. **Chromatographia**, New York, v. 37, p. 185-190, 1993.
16. FERNANDES, W. J. et al. Physicochemical quality of a blend of domestic cachaças from the south of Minas Gerais. **J. Food Compos. Anal.**, San Diego, v. 20, p. 257-261, 2007.
17. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, DF, 2005. 1018p.
18. ISIQUE, W. D.; CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Efeito do envelhecimento nos teores de enxofre presentes em amostras de cachaças destiladas em alambiques de cobre e de aço inoxidável. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 12, p. 33-44, 2001.
19. KLOSTER, M. B. The determination of tannin and lignin. **J. Am. Water Works Assoc.**, Baltimore, v. 66, p. 44-46, 1974.
20. LABANCA, R. A. et al. Determinação dos teores de cobre e grau alcoólico em aguardentes de cana produzidas no estado de Minas Gerais. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 29, p. 1110-1113, 2006.
21. LIMA, A. K. S.; NOBREGA, I. C. C. Avaliação de parâmetros de qualidade em aguardentes de cana produzidas no Estado do Paraíba. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, p. 85-96, 2004.
22. MAIA, A. B. Componentes secundários da aguardente. **STAB**, Piracicaba, v. 12, p. 29-34, 1994.
23. MASSON, J. et al. Parâmetros físico-químicos e cromatográficos em aguardentes de cana queimada e não queimada. **Ciênc. Agropec.**, Lavras, v. 31, p. 1805-1810, 2007.
24. MEDINSKY, M. A.; DORMAN, D. C. Recent developments in methanol toxicity. **Toxicol. Lett.**, Amsterdam, v. 82/83, p. 707-711, 1995.
25. MENDES, L. M.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F. Potencial da madeira de agregar valor à cachaça de alambique. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v. 23, p. 52-58, 2002.
26. NASCIMENTO, R. F. et al. Comparação dos métodos oficiais de análise e cromatográficos para a determinação dos teores de aldeídos e ácidos em bebidas alcoólicas. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 18, p. 350-355, 1998.
27. NASCIMENTO, R. F. et al. Qualitative and quantitative high-performance liquid chromatographic analysis of aldehydes in Brazilian sugar cane spirits and other distilled alcoholic beverages. **J. Chromatogr. A**, Amsterdam, v. 782, p. 13-23, 1997.
28. NEVES, E. A. et al. Simple and efficient elimination of copper(II) in sugar-cane spirits. **Food Chem.**, London, v. 101, p. 33-36, 2007.
29. O'DONOGHUE, J. L. et al. Further studies on ketone neurotoxicity and interactions. **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, San Diego, v. 72, p. 201-209, 1984.
30. PARAZZI, C. et al. Avaliação e caracterização dos principais compostos químicos da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de carvalho (*Quercus* sp.). **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 28, p. 193-199, 2008.

31. PEREIRA, N. E. et al. Compostos secundários em cachaças produzidas no Estado e Minas Gerais. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 27, p. 1068-1075, 2003.
32. SEFTON, M. A.; FRANCIS, L. I.; WILLIAMS, P. J. Volatile norisoprenoid compounds as constituents of oak woods used in wine on spirit maturation. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v. 38, p. 2045-2049, 1990.
33. VILELA, F. J. et al. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de Minas Gerais e de suas misturas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 31, p. 1089-1094, 2007.
34. YOKOYA, F. **Fabricação da aguardente de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1995. 87p.