



CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS

OAK CERTIFICATION IN THE STORAGE OF DISTILLED BEVERAGES

Amazile Biagioni Maia¹, Lorena Simão Marinho², Frederico Marx Brom Carneiro³, Lucas Oliveira Tonidandel⁴

e321189

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1189>

RESUMO

O armazenamento em recipientes de madeira integra o processo de produção de bebidas destiladas, caracterizando a etapa de maturação ou envelhecimento. A cachaça – legalmente definida como bebida destilada da cana-de-açúcar produzida em território brasileiro - é armazenada em barris de diversas madeiras nativas, assim como em barris de carvalho europeu e americano (*Quercus*). Dada a diversidade de madeiras empregadas, é importante dispor de parâmetros químicos que permitam atestar a identidade de cada madeira, cujos componentes extraídos são reconhecidamente bioativos. No entanto, a legislação brasileira define o envelhecimento tão somente mediante parâmetros físicos afetos à geometria dos recipientes e ao tempo de armazenamento. Nesse trabalho, analisando uísques e cachaças envelhecidas em carvalho, demonstra-se que, a despeito da diversidade de origens, a identidade do carvalho fica bem caracterizada nos perfis cromatográficos, com predominância consistente dos ácidos elágico e gálico e do siringaldeído. Conclui-se que é possível atestar o emprego do carvalho no envelhecimento de bebidas destiladas, independente da diversidade de tratamentos a que a madeira possa ter sido submetida. E aponta-se a possibilidade/relevância de se estender a metodologia (HPLC-UV) para fins de caracterização das madeiras brasileiras nativas empregadas no envelhecimento da cachaça. Trata-se de um avanço importante para fins de certificação da identidade da cachaça e valorização da flora nativa brasileira.

PALAVRAS-CHAVES: Bebidas destiladas. Cachaça. Carvalho. Certificação de envelhecimento

ABSTRACT

Storage in wooden containers is part of the distilled beverage production process, characterizing the maturation or aging stage. Cachaça – legally defined as a distilled beverage made from sugar cane produced in Brazilian territory – is stored in barrels of various native woods, as well as in barrels of European and American oak (Quercus). Given the diversity of woods used, it is important to have chemical parameters that allow attesting the identity of each wood, whose extracted components are known to be bioactive. However, Brazilian legislation defines aging solely through physical parameters related to the geometry of the containers and the storage time. In this work, analyzing whiskeys and cachaças aged in oak, it is shown that, despite the diversity of origins, the identity of the oak is well characterized in the chromatographic profiles, with a consistent predominance of ellagic and gallic acids and syringaldehyde. It is concluded that it is possible to attest to the use of oak in the aging of distilled beverages, regardless of the diversity of treatments to which the wood may have been subjected. And the possibility/relevance of extending the methodology (HPLC-UV) is pointed out for the purpose of characterizing the native Brazilian woods used in the aging of cachaça. This is an important advance in terms of certifying the identity of cachaça and valuing native Brazilian flora.

KEYWORDS: Distilled beverages. Cachaça. Oak. Aging certification

¹ LABM - Laboratório Amazile Biagioni Maia - Belo Horizonte, MG, Brasil

² LABM - Laboratório Amazile Biagioni Maia - Belo Horizonte, MG, Brasil

³ LABM - Laboratório Amazile Biagioni Maia - Belo Horizonte, MG, Brasil

⁴ LABM - Laboratório Amazile Biagioni Maia - Belo Horizonte, MG, Brasil



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

1) INTRODUÇÃO

A exemplo de outras bebidas destiladas, a qualidade da Cachaça - aguardente de cana produzida em território brasileiro – é aprimorada mediante armazenamento em toneis de madeira. A legislação brasileira (MAPA, 2021) - define como “envelhecida” a cachaça que “contiver, no mínimo, 50% de seu volume envelhecido em recipiente de madeira, com capacidade máxima de 700 litros, por um período não inferior a 1 (um) ano podendo ser adicionada de caramelo para a correção da cor”.

A ausência de parâmetros químicos é perturbadora, tendo em vista que, além da diversidade de madeiras nativas empregadas no Brasil, a legislação admite o ajuste da cor final da bebida mediante adição de caramelo. No entanto, à diferença do efeito corante do caramelo (açúcar queimado) a cor extraída pelo contato com a madeira é constituída pela contribuição de compostos reconhecidamente bioativos (LAMOUNIER *et al.*, 2012; SIMÓN *et al.*, 2010; PEÑARRIETA *et al.*, 2013; MIRANDA *et al.*, 2017).

Quimicamente, as madeiras compõem-se predominantemente de macromoléculas (celulose, hemicelulose e lignina) que sustentam sua estrutura tridimensional. Numa fração bem menor (2-6%) referida como “extrativos”, encontram-se diversas substâncias que podem ser extraídas da madeira sem danificar sua conformação. Essa fração é constituída por taninos e fenólicos, terpenos, lipídios, açúcares, minerais e compostos nitrogenados. São substâncias que desempenham inúmeras funções na fisiologia vegetal e que, conforme a estrutura e o peso molecular, solubilizam-se em proporções variáveis conforme a natureza do solvente aplicado (JOHANSSON, 2008).

A capacidade extrativa da cachaça e bebidas destiladas em geral é determinada pelos respectivos teores alcoólicos (usualmente na faixa de 40 a 50% vol.), que propiciam predominantemente a solubilização dos componentes fenólicos de baixo peso molecular (presentes na fração extrativa) e o arraste de monômeros/fragmentos fenólicos derivados da hidrólise enzimática e/ou térmica da lignina (CERNIZEV, 2016). Já foi demonstrado que pela aplicação direta em cromatógrafo a líquido de alta resolução, evidenciam-se perfis cromatográficos nitidamente distintos nas cachaças armazenadas em diferentes madeiras (MAIA, 2021; MAIA *et al.*, 2021). No entanto, sabe-se que, antes de serem usadas, as madeiras passam longos períodos ao ar livre, para secagem; na sequência, podem ser submetidas a agentes químicos (ácidos e/ou alcalinos) e térmicos (vapor, chama direta) (JOHANSSON, 2008; CADERMATORI *et al.*, 2015). Os procedimentos são aplicados para fins de padronização estrutural, ajustes na umectabilidade, tonalidade, aroma, textura e estabilidade (KORKUT *et al.*, 2008; KUČEROVÁ *et al.*, 2016, PERCIN *et al.*, 2016). É previsível que esses tratamentos afetem as estruturas moleculares e os teores de extrativos. Zhang *et al.* (2015), por exemplo, apontaram que uma parcela de componentes voláteis migra para os interstícios da madeira e dispersa-se para a atmosfera; outra é acrescida pela degradação parcial da lignina e dos taninos hidrolisáveis, com liberação de fenólicos de baixo peso molecular (ZHANG *et al.*, 2015).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

Dada a diversidade de origens de uma mesma espécie de madeira, assim como dos tratamentos a que pode ser submetida, antes e depois da montagem dos barris, pode-se supor que ocorra imensa diversidade nas estruturas dos compostos que são transferidos para as bebidas, a ponto de inviabilizar a identificação da madeira de origem. Para abordar esse questionamento, foram comparados os resultados da análise dos principais aldeídos e ácidos fenólicos que, além de advirem exclusivamente da madeira, ocorrem em proporções nitidamente diferenciadas conforme a espécie vegetal (QUEIMADA *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2015; MAIA *et al.*, 2021). O carvalho (*Quercus*) foi escolhido como modelo nesse estudo, devido à possibilidade de se comparar bebidas de diferentes procedências e históricos de envelhecimento, incluindo cachaças e uísques nacionais e importados.

2) MATERIAL E MÉTODOS

AMOSTRAS: Foram analisadas 17 amostras, sendo 12 de cachaça e 5 de uísque. As amostras de whisky foram adquiridas no comércio local, sendo quatro armazenadas por 12 anos e uma por 18 anos. As amostras de cachaça foram disponibilizadas por um produtor do estado de Minas Gerais, advindas de barris de carvalho americano e carvalho europeu. As informações da Tabela 1 foram fornecidas pelo próprio produtor.

Tabela 1 – Origem das cachaças analisadas

Código	Madeira do barril	Uso (*)	Tempo de armazenamento
CA-1	Carvalho Americano	1°	3 anos
CA-2		1°	3 anos
CA-3		2°	2 anos
CA-4		1°	3 anos
CA-5		1°	3 anos
CE-1	Carvalho Europeu	Vários usos	4-7 anos
CE-2			4-7 anos
CE-3			4-7 anos
CE-4			4-7 anos
CE-5			3 anos
CE-6			3 anos
CE-7			5 anos

(*) 1º uso: barril novo, recém fabricado; 2º uso: barril previamente usado pelo próprio fabricante de cachaça;
Vários usos: barris já usados antes da aquisição, sem informação do histórico de usos.

As amostras de uísque foram codificadas como UI-12 e UI-18 (uísque importado, 12 e 18 anos, respectivamente) e UN (uísque nacional).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

PADRÕES ANALÍTICOS: Ácido gálico, ácido vanílico, ácido siríngico, vanilina, siringaldeído, coniferaldeído, sinapaldeído, ácido elágico, furfural e 5-hidroximetilfurfural. Todos os padrões de grau cromatográfico (pureza > 99%) marca Sigma-Aldrich (St. Louis, MO-EUA).

ANÁLISE: A quantificação dos compostos foi realizada por meio de cromatografia líquida com detecção no ultravioleta (HPLC-UV), com metodologia baseada no trabalho de Aquino (2004).

Detector Shimadzu SPD-10A; leitura em 274nm. Gradiente de solvente, com duas fases móveis, sendo a fase móvel A composta por 98% água e 2% ácido acético e a fase móvel B composta por 70% metanol, 28% água e 2% ácido acético (Tabela 2). Coluna Agilent Zorbax Eclipse C-18; injetor Rheodyne com loop de 100 µL, fluxo da fase móvel de 1,250 mL/min., temperatura 40°C.

Tabela 2 – Gradiente de solvente

Tempo (min)	Solvente A (% v/v)	Solvente B (% v/v)
0	20	80
5	20	80
25	40	60
40	40	60
50	20	80
60	20	80

Para quantificação por meio de padrão externo, foram preparadas curvas-padrão com os 11 compostos nas concentrações de 0,10 mg/L; 0,50 mg/L e 1,00 mg/L (Tabela 3).

Tabela 3 – Tempo de retenção e curva-padrão dos compostos analisados

Composto	Tempo de retenção (min)	Curva Padrão	R ²
Ácido gálico	2,79	Y = 53404,637x - 1573,376	1,0000
HMF	3,37	Y = 113210,845x + 264,529	1,0000
Furfural	4,84	Y = 173566,480x - 2287,887	1,0000
Ácido vanílico	10,11	Y = 44032,515x + 321,318	1,0000
Ácido siríngico	12,45	Y = 54693,312x + 331,036	1,0000
Vanilina	13,66	Y = 64441,515x + 74,996	1,0000
Siringaldeído	16,33	Y = 27689,375x + 245,204	1,0000
Coniferaldeído	23,50	-	-
Sinapaldeído	23,50	-	-
Ácido elágico	30,31	Y = 33101x - 1355	0,9930

As curvas-padrão do coniferaldeído e do sinapaldeído não chegaram a ser estabelecidas por dois motivos: (a) devido à superposição dos picos (aos 23,50 min) os dois compostos não poderiam



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

ser quantificados mediante a metodologia aplicada; (b) nenhuma das amostras evidenciou pico no tempo de retenção pré-estabelecido para esses fenólicos. Embora não fossem objeto desse trabalho, as curvas-padrão do HMF e do furfural foram incluídas, devido à evidência dos respectivos picos nos cromatogramas de todas as amostras analisadas.

3) RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1) FENÓLICOS DA MADEIRA

Foram identificados e quantificados seis compostos fenólicos e, nas mesmas condições, ficaram também registrados os picos correspondentes aos furânicos HMF e furfural. Os perfis cromatográficos, conforme ilustrados na Figura 1, mostraram muita semelhança no âmbito das proporções relativas entre os ácidos e aldeídos fenólicos analisados.

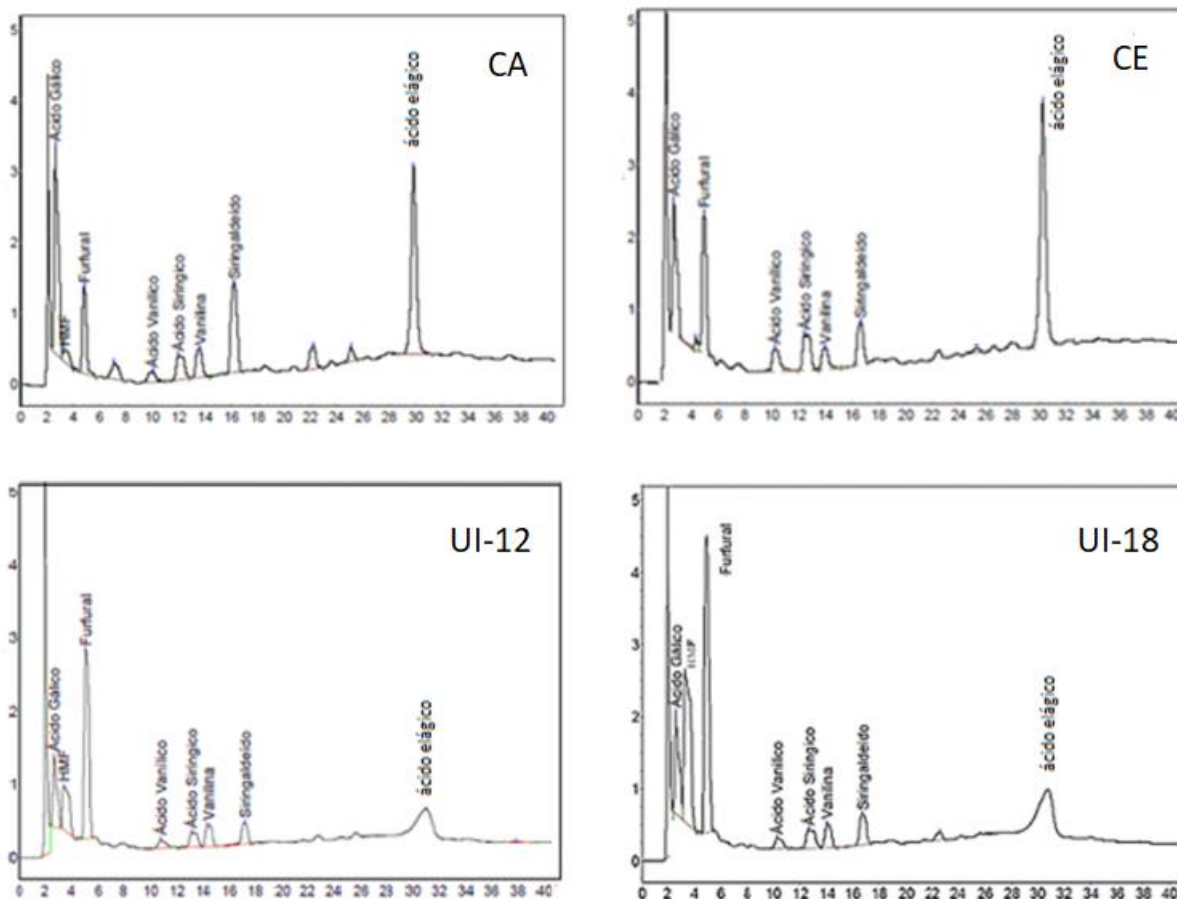


Figura 1 – Perfis cromatográficos ilustrativos das amostras analisadas

Os fenólicos analisados correspondem a estruturas simples e advindas diretamente da madeira (Figura 2). O ácido gálico e o ácido elágico resultam da hidrólise de galotaninos e elagitaninos que compõem a fração extrativos da madeira. Os demais correspondem a monômeros



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

extraídos da lignina, por mecanismos de hidrólise e oxidação (CERNISEV *et al.*, 2016; CASTRO *et al.*, 2020). Sabe-se que a madeira contém fenólicos maiores, como certos flavonoides (glicosilados ou não) que, dependendo de peculiaridades estruturais, podem ser incorporados às bebidas. No entanto, sua evidenciação demandaria rastreamento em outros comprimentos de onda peculiares (COLDEA *et al.*, 2017). Ademais, outros compostos (fenólicos ou não) podem ser arrastados no processo de difusão, mas não se solubilizam no ambiente das bebidas destiladas, onde permanecem em estado coloidal, turvando a bebida, até que floculam e decantam (QUEIMADA *et al.*, 2009; CETERA *et al.*, 2018).

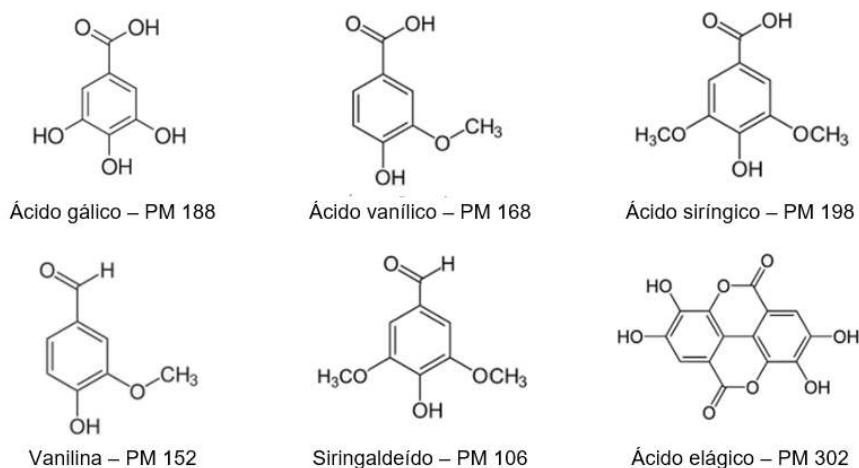


Figura 2 – Fenólicos identificados nas amostras de destilados armazenados em carvalho

Os resultados quantitativos encontram-se na Tabela 4 e, para facilitar a visualização, acham-se sumariados na Figura 3.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

Tabela 4- Aldeídos e ácidos fenólicos em uísques e cachaças armazenadas em carvalho (mg/L)

Bebida	Origem	Cod.	Ácido gálico	Ácido vanílico	Ácido síringico	vanilina	Siringaldeído	Ácido elágico
Uísques	Importados	UI-1-12	5,8	0,6	1,3	0,9	3,2	8,8
		UI-1-18	7,5	1	1,8	1,5	5,2	13,3
		UI-2-12	5,2	0,7	1,2	1,3	3,4	9,1
	Nacionais	UN-1	3,7	1,7	3,1	2,3	7,8	20,9
		UN-2	5,0	2,2	3,5	3,4	11,4	29,7
Cachaças	Carvalho europeu	CE-1	23	7,8	8,2	3,3	19,4	71,1
		CE-2	18,7	6,4	6,4	3,0	15,1	56,2
		CE-3	22,5	8,0	8,1	3,9	21,3	68,3
		CE-4	12,8	4,3	4,4	2,2	9,7	38,7
		CE-5	12,2	3,1	3,8	1,9	10,8	30,6
		CE-6	9,2	2,7	3,2	1,5	6,6	29,7
		CE-7	2,4	0,8	1,3	0,5	1,4	7,9
	Carvalho americano	CA-1	11,1	2,3	5,3	5,8	25	41,0
		CA-2	32,6	2,8	5,6	5,5	27,2	43,9
		CA-3	5,3	0,8	1,1	1,6	7,2	26,0
		CA-4	13,8	13,8	4,9	5	15,9	36,7
		CA-5	14,7	2,8	5,1	5,6	22,3	32,7

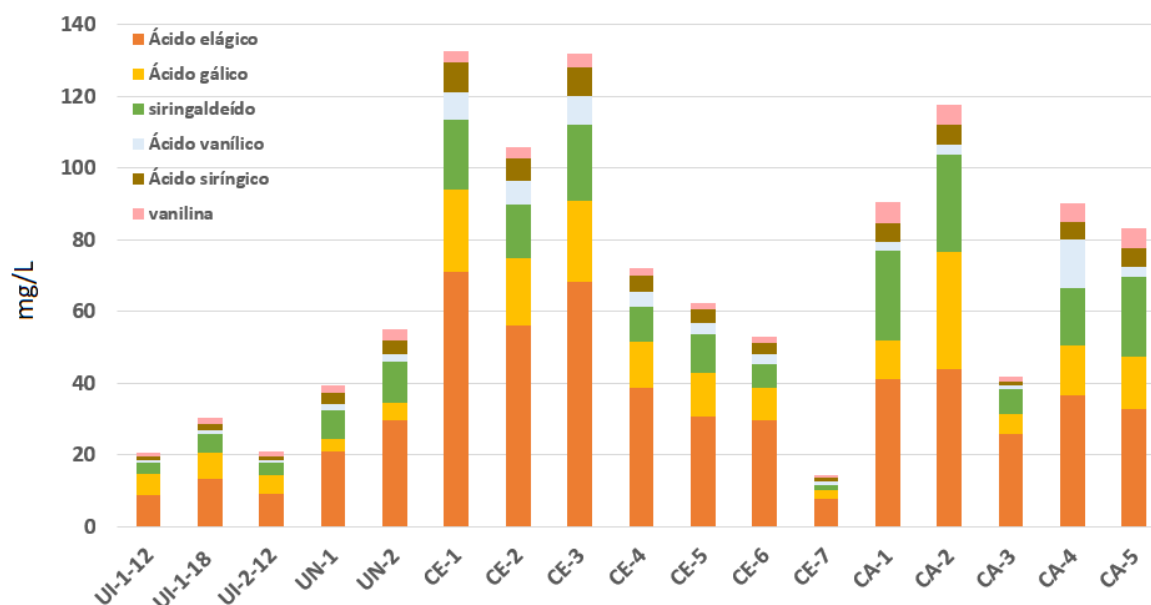


Figura 3 – Proporções relativas e teores totais dos fenólicos analisados.

Conforme evidenciado na Figura 3, as proporções relativas entre os componentes analisados foram muito similares, não obstante nítida diferenciação nos teores individuais e totais de cada amostra. O ácido elágico foi o composto predominante em todas as amostras; na sequência, ácido gálico e siringaldeído, somados, corresponderam à ordem de grandeza do teor de ácido elágico de cada amostra. Os três fenólicos minoritários (ácido vanílico, ácido síringico e vanilina) representaram em torno de 15 % dos fenólicos totais. Embora esperados como componentes minoritários, a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

ausência de coniferaldeído e sinapaldeído pode ser interpretada com base no trabalho de Cabrita *et al.*; (2011).

Analisando extratos alcoólicos de chips de carvalho submetidos a diversos tipos de tratamento, os autores apontaram que esses dois aldeídos ocorreram somente ocorreram em extratos de madeiras submetidas a tratamento térmico acentuado (“pesado”). Nos extratos de madeira não tostada ou submetidos a tosta média, a ocorrência desses fenólicos foi praticamente insignificante. Ademais, com base nos trabalhos de Zhang *et al.*, (2015) e Cernizev (2016) pode-se admitir que, além de minoritários, os teores desses compostos podem ser reduzidos acentuadamente no decorrer do envelhecimento das bebidas.

Quanto aos teores totais dos fenólicos analisados é importante notar que as amostras UI (uísque importado), não obstante envelhecidas por períodos mais prolongados (12 a 18 anos), foram as que apresentaram os menores valores. Amostras UN (uísque nacional) mostraram teores similares aos de duas cachaças (CE-6 e CA-3). Dentre as cachaças, as que apresentaram os menores teores foram a CA-3 (única CA proveniente de barril de segundo) a CE-7 (proveniente de barril CE de “vários usos”).

Essas duas cachaças tinham tonalidade mais clara que as demais, confirmando a assertiva de são os compostos fenólicos que conferem cor às bebidas envelhecidas (PIGGOTT *et al.*, 1995; JOHANSSON, 2008), No entanto, as tonalidades das amostras de uísque importado não mostraram correspondência com os baixos teores dos fenólicos analisados. Tal fato poderia ser atribuído à complementação da cor com corante de caramelo. No entanto, por se tratar de uísques de 12 e 18 anos, é necessário que se atente para a diferença entre os indicadores afetos à certificação da madeira e os afetos à certificação de maturação/envelhecimento. Os primeiros devem ater-se às estruturas químicas extraídas diretamente da madeira; já os outros devem rastrear estruturas resultantes da interação entre os compostos originais da madeira e da bebida. Relativamente às cachaças (armazenadas por 2 a 7 anos) é possível que, em uísques de 12 e 18 anos, ocorram teores mais elevados de componentes do envelhecimento - cuja formação acarretaria o decréscimo progressivo dos fenólicos originais da madeira.

Com os resultados apresentados, pode-se inferir que, a despeito de interações moleculares que se seguem à extração - e que são indispensáveis para caracterizar o envelhecimento - as proporções relativas entre os componentes fenólicos analisados, conforme extraídos da madeira, permanecem representativas de sua identidade vegetal, independente do tempo total de armazenamento. Assim, corroborando trabalhos prévios ([WIŚNIEWSKA et al., 2014](#), [MAIA et al., 2020](#)) os resultados apontam a viabilidade de se certificar as diversas madeiras brasileiras empregadas no envelhecimento de cachaças.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

3.2) FURFURAL E HMF

Além dos fenólicos, a metodologia aplicada permitiu quantificar os teores dos furânicos HMF e furfural. O furfural ocorreu em todas as amostras; o HMF foi detectado em todos os uísques e em apenas quatro das doze cachaças analisadas (Figura 4).

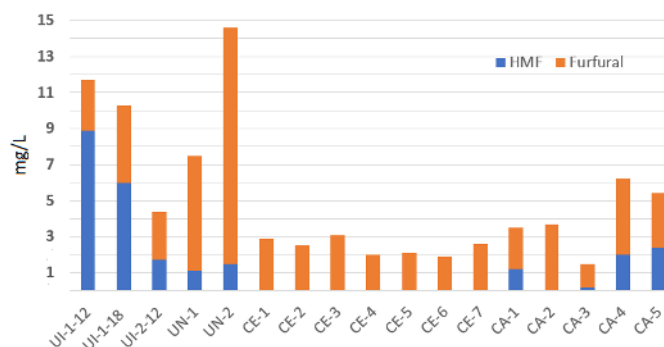


Figura 4 – Teores de HMF+ Furfural nas amostras de uísque e cachaças analisadas, expressos em mg/L

Esses compostos não têm ocorrência natural nas espécies vegetais. Formam-se pela degradação da celulose e da hemicelulose, podendo ser empregados indicadores da intensidade dos tratamentos aplicados no pós-corte das madeiras (ESTEVES; PEREIRA, 2009; TSHABALALA *et al.*, 2012). Independente de contato com madeiras, podem ocorrer nas bebidas destiladas em decorrência da degradação de açúcares remanescentes do mosto na etapa da destilação. Por serem potencialmente tóxicos (ABRAHAM *et al.*, 2011), vale assinalar que nenhuma das amostras ultrapassou o limite da legislação, que estabelece o teor máximo de 5 mg/100 mL etanol para a soma HMF + furfural.

4) CONCLUSÃO

As proporções relativas entre os compostos analisados nesse trabalho permitiram caracterizar um perfil cromatográfico consistente para a certificação da madeira de origem (Carvalho). A metodologia empregada é rápida (cerca de 40 min) e demanda um volume muito pequeno da amostra (inferior a 1,0 mL). Acredita-se que a extensão dessa metodologia à caracterização das madeiras nacionais tenha grande potencial para fortalecer a identidade da cachaça como bebida nacional brasileira, com imenso potencial de sinergia na valorização da flora nativa brasileira. Trata-se de um avanço possível e oportuno, especialmente tendo em vista que a legislação vigente se encontra em processo de revisão.

Na sequência, além de desestimular o emprego do caramelo para ajuste da cor, espera-se avançar na substituição do parâmetro “tempo de envelhecimento” por componentes químicos exclusivamente associados ao envelhecimento. Esse passo se impõe como caminho para eliminar preconceitos afetos ao emprego de chips e fragmentos de madeira, essencial no âmbito da proteção da flora nativa e preservação do meio ambiente.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

5) REFERÊNCIAS

ABRAHAM, K.; GURTLER, R.; BERG, K.; HEINEMEYER, G.; LAMPEN, A.; APPEL, K. E. Toxicology and risk assessment of 5-hydroxymethylfurfural in food. **Mol. Nut. Food Res.**, v. 55, p. 667-678, 2011. DOI: 10.1002/MNFR.201000564

AQUINO, F. W. B. **Determinação de compostos fenólicos em extratos de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith e em aguardentes de cana envelhecidas do Ceará.** 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza-CE, 2004. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17464>

CABRITA, M. J.; DIAS, C. B.; FREITAS, A. M. C. Phenolic acids, phenolic aldehydes and furanic derivatives in oak chips: american vs french oaks. **S. Afr. J. Enol. Vitic.**, v. 32, n. 2, p. 204-210, 2011.

CADERMATORI, P. H. G.; MISSIO, A. L.; MATTOS, B. D.; GATTO, D. A. Effect of thermal treatments on technological properties of wood from two *Eucalyptus* species. **Abb. Braz. Acad. Sci.**, v. 87, n. 1, p. 471-81, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-376520130121>.

CASTRO, M. C.; BORTOLETTO, A. M.; SILVELLO, G. C.; ALCARDE, A. R. Compostos fenólicos derivados de lignina em cachaça envelhecida em barricas novas de duas espécies de carvalho. **Heliyon**, v. 6, n. 11, 2020. DOI:10.1016/j.heliyon.2020.e05586

CERNISEV, S. Analysis of lignin-derived phenolic compounds and their transformations in aged wine distillates. **Food Control**, v. 73, p. 281–290, 2016. DOI:10.1016/j.foodcont.2016.08.01

CETERA, P.; D'AURIA, M.; MECCA, M.; TODARO, L. Gallic acid as main product in the water extractives of *Quercus frainetto*. **Nat. Prod. Res.**, p. 1-4, 2018. DOI: 10.1080/14786419.2018.1503266

COLDEA, T. E.; MUDURA, E.; SOCACIU, C. **Advances in distilled beverages authenticity and quality testing.** London: IntechOpen, 2017 <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72041>

ESEYIN, A. E.; STEELE, P. H. An overview of the applications of furfural and its derivatives. **Int. J. Adv. Chem.**, v. 3, n. 2, p. 42, 2015. DOI:10.14419/ijac.v3i2.5048

ESTEVEZ, B.; PEREIRA, H. Wood modification by heat treatment: a review. **BioRes**, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009.

JOHANSSON, D. **Heat treatment of solid wood:** effects on absorption, strength and colour. 2008. Thesis (Doctoral) - Lulea Tekniska Universitet, Lulea (Sweden), 2008.

KIOKIAS, S.; PROESTOS, C.; OREOPOULOU, V. Phenolic acids of plant origin - A review on their antioxidant activity in vitro (o/w emulsion systems) along with their in vivo health biochemical properties. **Foods**, v. 9, n. 4, p. 534, 2020. DOI: [10.3390/foods9040534](https://doi.org/10.3390/foods9040534)

KOBUM, R. **Advanced Food Analysis Tools:** biosensors and nanotechnology. New York, Academic Press, 2020. 444 p.

KORKUT, D.; KORKUT, S.; BEKAR, I.; BUDAKCI, M.; DILIK, T.; CAKICIER, N. The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of turkish hazel (*Corylus colurna* L.) Wood. **Intern. J. Mol. Sci.**, v. 9, n. 9, p. 1772–1783, 2008. DOI:10.3390/ijms9091772



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CERTIFICAÇÃO DO CARVALHO NO ARMAZENAMENTO DE BEBIDAS DESTILADAS
Amazile Biagioni Maia, Lorena Simão Marinho, Frederico Marx Brom Carneiro, Lucas Oliveira Tonidandel

KUCEROVÁ, V.; LAGANA, R.; VYBOHOVÁ, E.; HYROSOVÁ, T. The effect of chemical changes during heat treatment on the color and mechanical properties of fir wood. **Bio Resources**, v. 11, n. 4, 2016. DOI:10.15376/biores.11.4.9079-9094

LAMOUNIER, K. C.; CUNHA, L. C. S.; MORAIS, S. A. L.; AQUINO, F. J. T.; CHANG, R.; NASCIMENTO, E. A.; CUNHA, W. R. Chemical analysis and study of phenolics, antioxidant activity, and antibacterial effect of the wood and bark of *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex Steud. **Evidence-based complementary and alternative medicine**, p. 1–7, 2012. DOI:10.1155/2012/451039.

MAIA, A. B.; MARINHO, L. S.; NELSON, D. L. Certification of amburana in the aging of cachaça. (2020). **Res. Soc. Develop.**, v. 9, n. 12, 2021. DOI:10.33448/rsd-v9i12.10644

MAIA, A. B. Papel da madeira no envelhecimento da cachaça. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 8, 2021. ISSN: 2675-6218. DOI: org/10.47820/recima21.v2i8.682.

MAPA. **Portaria 339/21 de 28 de junho de 2021**. Estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade da aguardente de cana e da Cachaça e revoga atos normativos com matérias pertinentes. Brasília: Diário Oficial da União, 2021.

MIRANDA, I.; SOUSA, V.; FERREIRA, J.; PEREIRA, H. Chemical characterization and extractives composition of heartwood and sapwood from *Quercus faginea*. **PLoS One**, v. 12, n. 6, 2017. DOI:10.1371/journal.pone.0179268.

PEÑARRIETA, M.; MOLLINEDO, P.; ROSSEL, E. A.; VILA, J. L.; BRAVO, J. A. Gallic acid and its derivatives: occurrence and identification in high altitude edible and medicinal plants. *In*: THOMPSON, M. A.; COLLINS, P. B. **Handbook on gallic acid: natural occurrences, antioxidant properties and health implications**. New York: Nova Publishers, 2013.

PERCIN, O.; PEKER, H.; ATILGAN, A. The effect of heat treatment on some physical and mechanical properties of beech wood. **Wood Res.**, v. 61, n. 3, p. 443-456, 2016.

PIGGOTT, J. R.; CONNER, J. M.; PATERSON, A. Flavour development in whisky maturation. **Develop. Food Sci.**, p. 1731–1751, 1995. DOI:10.1016/s0167-4501(06)80261-x .

QUEIMADA, A. J.; MOTA, F. L.; PINHO, S. P.; MACEDO, E. A. Solubilities of Biologically Active Phenolic Compounds: Measurements and Modeling. **J. Phys. Chem. B**, v. 113, n. 11, p. 3469–3476, 2009. DOI:10.1021/jp808683y.

SIMÓN, B. F.; MUIÑO, I.; CADAHÍA, E. Characterization of volatile constituents in commercial oak wood chips. **J. Agric. Food Chem.**, v. 58, p. 9587–9596, 2010.

TSHABALALA, M. A.; SWEENEY, J. D.; ROWELL, R. M. Heat treatment of wet wood fiber: A study of the effect of reaction conditions on the formation of furfurals. **Wood Mat. Sci. Eng.**, v. 7, n. 4, p. 202–208, 2012. DOI:10.1080/17480272.2012.669406.

WIŚNIEWSKA, P.; DYMERSKI, T.; WARDENCKI, W.; NAMIEŚNIK, J. Chemical composition analysis and authentication of whisky. **J. Sci. Food Agric.**, v. 95, n. 11, p. 2159-2166, 2014. DOI:10.1002/jsfa.6960.

ZHANG, B.; CAI, J.; DUAN, C. Q.; REEVES, M.; HE, F. A Review of polyphenolics in oak woods. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 16, n. 12, p. 6978–7014, 2015. DOI: 10.3390 / ijms16046978.