

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

DESENVOLVIMENTO DE APARATO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DO AMARGOR DE CERVEJAS

Lucas Silva Calado¹ – Lucascalado1991@hotmail.com

Ana Luísa Fajardo Lacerda² – anafajardo@id.uff.br

Leandro Alcoforado Sphaier³ – lasphaier@id.uff.br

Vinicius Nunes Henrique Silva⁴ - vinicius.nhs@gmail.com

Fernando Cunha Peixoto⁵ - fpeixoto@id.uff.br

¹ Bolsista CAPES do Programa de Mestrado em Engenharia Química da UFF

² Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Inovação – PIBInova/PDI/UFF da Agência de Inovação/PROPI

³ Departamento de Engenharia Mecânica da UFF

⁴ Departamento de Engenharia de Telecomunicações da UFF

⁵ Departamento de Engenharia Química e de Petróleo da UFF

Resumo. *Um equipamento de baixo custo para medição de amargor de cervejas baseado em absorção de luz UV e emissão de luz visível por fluorescência é apresentado. O amargor é medido em Unidades Internacionais de Amargor (IBU na sigla inglesa). A aquisição de dados é feita por meio de software de processamento de imagens e comparada a medidas feitas em um espectrofotômetro. A calibração do equipamento foi feita com estimação de parâmetros com critério de máxima verossimilhança, a partir de 37 medidas de IBU de soluções aquosas de iso-alfa-ácidos, principais contribuintes ao amargor. Em seguida, 16 cervejas comerciais foram analisadas pelo equipamento desenvolvido resultando em erros absolutos máximos de 4,42 IBU's, enquanto o erro médio absoluto foi de 1,83 IBU.*

Palavras-chave: Cerveja, Amargor, IBU

1. INTRODUÇÃO

Os protocolos internacionalmente aceitos para medição do amargor de cerveja adotado pela Convenção de Cervejeiros da Europa envolvem a medida da absorvância de radiação ultravioleta no comprimento de onda de 275nm [1, 2, 3, 4, 5].

A preparação da amostra de cerveja é realizada pela leve acidificação com HCl e adição do solvente 2,2,4-Trimetilpentano (iso-octano). A mistura é vigorosamente agitada, gerando a separação da fase orgânica. Esta, que é a camada sobrenadante, é então removida e levada ao espectrofotômetro. Com o comprimento de onda definido em 275 nm, o valor de absorvância é utilizado para calcular o valor de unidades de amargor, seguindo a Eq 1:

$$BU = Absorvância_{275\text{ nm}} \times 50 \quad (1)$$

Dado o elevado custo do equipamento (espectrofotômetro), o uso de solventes orgânicos de difícil descarte e a demorada etapa de prepare das amostras, alguns relatos do amargor no rótulo das cervejas são feitos por estimativas obtidas com base nos relatos dos fornecedores dos lúpulos, os quais podem sofrer variações no transporte, com impacto negativo no sabor do produto acabado.

Apesar das desvantagens, o método é ainda muito utilizado pelos cervejeiros pela facilidade na execução e boa estimativa do amargor, em detrimento de outros métodos [6, 7, 11, 12, 13]. Com o custo do espectrofotômetro sendo a maior desvantagem, um melhoramento do método por meio da substituição do equipamento por outro mais simples e econômico traria grande vantagem.

Sendo assim, o presente projeto contempla a construção de um aparato mais simples e barato, bem como a validação do procedimento, através de um modelo empírico de (co)relação com o protocolo atualmente aceito. A simplificação do procedimento, bem como a redução do custo envolvido, podem viabilizar a disseminação desta medição, aumentando a confiabilidade e a reprodutibilidade dos processos bem como maior homogeneidade dos produtos [8, 9, 10].

Baseado na utilização de materiais que fluorescem emitindo luz visível ao receberem luz ultravioleta, foi desenvolvido um equipamento de baixo custo para a medição de amargor de cerveja quantificando a luz ultravioleta não absorvida pela amostra por meio da intensidade da luz visível emitida pelo material.

2. MATERIAIS E METODOLOGIAS

2.1 Preparação das soluções

A preparação das soluções é feita por meio da fervura de 10 gramas do lúpulo tipo “Hallertau-Perle” (teor de alfa ácidos 4,2% em massa) em 1 L de água destilada em um bécher de 1,5 L durante 1 hora. Sem reposição da água, o volume final foi de aproximadamente 400 mL. A solução foi mantida resfriada a 2 °C antes das diluições e extrações. 45 novas diluições foram produzidas a partir desta amostra usando água destilada totalizando 46 amostras, e foram identificadas de 1 a 46 (Tabela 1).

2.2 Amostras de cerveja

Um conjunto de 5 cervejas comerciais foram doadas pelo bar Fina Cerva, outras 7 doadas pelo bar Armazém São Jorge, e outras 4 foram compradas em um supermercado. Assim, foram analisadas 16 cervejas, identificadas de A a P (Tabela 2).

2.3 Extração de iso-alfa-ácidos e medições de IBU

As amostras extraídas teve o IBU medido de acordo com a Convenção de Cervejeiros da Europa em um espectrofotômetro de UV modelo Bell Photonics S-2000 com absorvância em 275 nm. O branco é o solvente (iso-octano) com uma gota de 1-Octanol. Posteriormente, a medição foi realizada no equipamento novo. Com as soluções preparadas, foi feita apenas uma medição, enquanto as amostras de cerveja foram medidas com um réplica.

2.4 LED

O LED utilizado tem o espectro representado na figura 1. O primeiro pico representa a região de interesse (aproximadamente 275 nm) e o segundo, na região visível (aproximadamente 580 nm) é uma luz de stand-by.

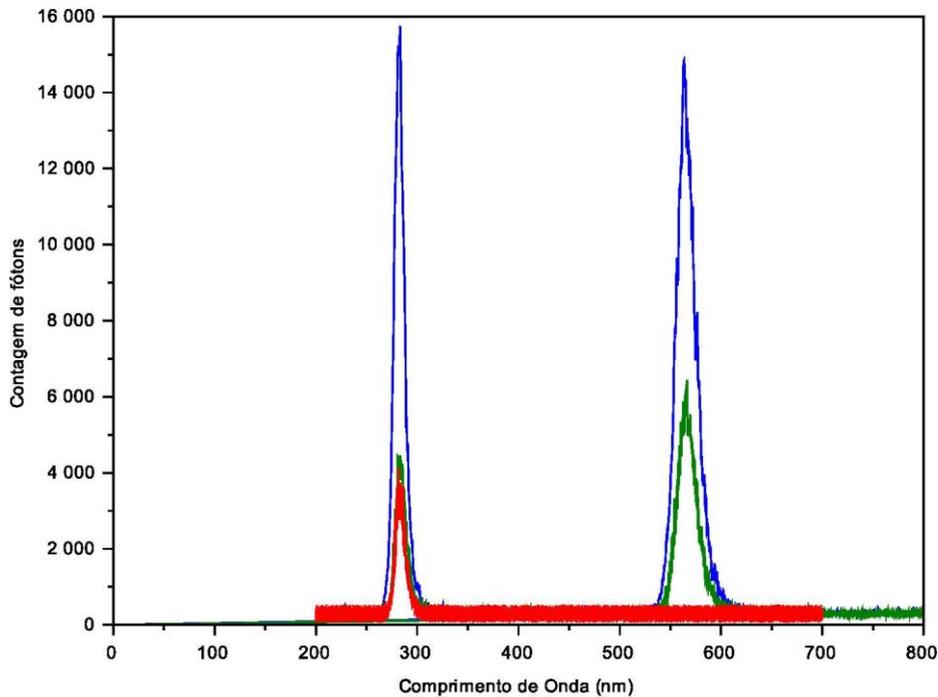


Figura 1 - Espectro emitido pelo LED

2.5 Sistema de medição LED-UV

Uma imagem do novo equipamento pode ser vista na figura 2. O equipamento consiste em um porta-cubeta de compensado com duas extremidades perfuradas: uma para encaixar a placa do LED e outra para fixar uma pequena folha de papel branco. O papel branco é o material que irá fluorescer a radiação não absorvida pela amostra produzindo luz na faixa visível (azul). São utilizadas cubetas de quartzo, visto que este material não absorve luz UV, ao contrário do vidro ou plástico. Uma câmera Canon modelo 700-D é utilizada para captura das imagens via cabo USB pelo software Canon EOS Utility. O dispositivo de carga acoplada (CCD) da câmera possui resolução de 18MP e a distância focal da lente é de 58 mm. A abertura da lente, tempo de exposição e configuração ISO foram mantidos constantes ao

longo das medidas em f/18, 10 s e ISO-100, respectivamente. A distância entre a folha de papel e a lente da câmera foi mantida em 110 mm. Todo o aparato foi mantido no interior de uma caixa internamente pintada de preto para minimizar interferências externas. O LED foi alimentado com uma corrente de 20 mA fornecida por uma fonte de tensão controlada.



Figura 2 - Imagem do sistema LED-UV

2.6 Processamento de imagens

O processamento das imagens geradas pela câmera fotográfica foi feito utilizando o Scilab, um software gratuito e de código aberto (distribuído pela licença CeCILL – compatível com GPL) desenvolvido pela Scilab Enterprises e Scilab Consortium –Digiteo (disponível em <http://www.scilab.org>), associado à toolbox de processamento de imagens e vídeo IPCV. A toolbox converte as imagens em matrizes que representam os valores RGB (vermelho, verde e azul) de cada pixel da figura. Na computação, a intensidade de cada uma dessas cores é representada por um valor que varia de 0 a 255. Deste modo, as dimensões da matriz serão $M \times N \times 3$, onde M e N representam o número de linhas e colunas de pixels, respectivamente, e o último índice corresponde a cada um dos 3 valores RGB. A matriz tridimensional é separada em 3 matrizes bidimensionais de dimensões $M \times N \times 1$, cada uma representando o valor de cada cor RGB.

A partir da média de RGB de cada pixel, são calculadas as coordenadas do centro da matriz e estabelecido um círculo de determinado raio em pixels. A média global RGB da

imagem é calculada somando todos os valores de média RGB no interior do círculo e dividindo pelo número de pixels encontrados no mesmo. O raio do círculo é escolhido de forma a evitar regiões escuras da imagem, visto que o valor RGB das mesmas são próximos de zero.

As médias globais RGB podem ser utilizadas para calcular a absorbância pelo método LED-UV usando a Eq 2:

$$Abs = -10 \log_{10} \left(\frac{RGB_S}{RGB_B} \right) \quad (2)$$

Onde RGB_S e RGB_B são os valores de média global RGB das imagens da amostra e do branco, respectivamente.

A figura 3 mostra dois exemplos de fotografias e, assim, é possível perceber a diferença na intensidade de luz emitida.

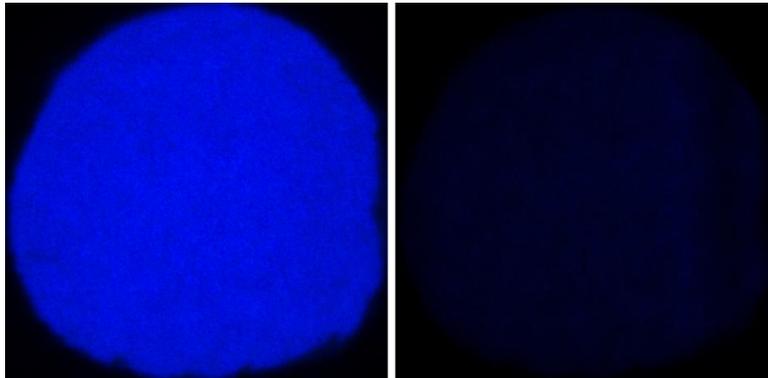


Figura 3 - Fotografias capturadas pelo sistema LED-UV do branco (esquerda) e do extrato (iso-octano) de uma cerveja do tipo IPA com IBU em torno de 60 (direita).

3. RESULTADOS

3.1 Medidas no sistema LED-UV

Os resultados das medidas das soluções preparadas estão dispostos na Tabela 1. A partir da solução 37, foi atingida a absorbância máxima no espectrofotômetro. Por este motivo, os pontos de experimento 37 a 46 foram excluídos da comparação. Por outro lado, o sistema

LED-UV foi capaz de diferenciar estas soluções, o que mostra que o equipamento novo é capaz de medir valores mais altos de IBU.

A figura 4 mostra os valores experimentais. É possível observar uma boa tendência dos pontos.

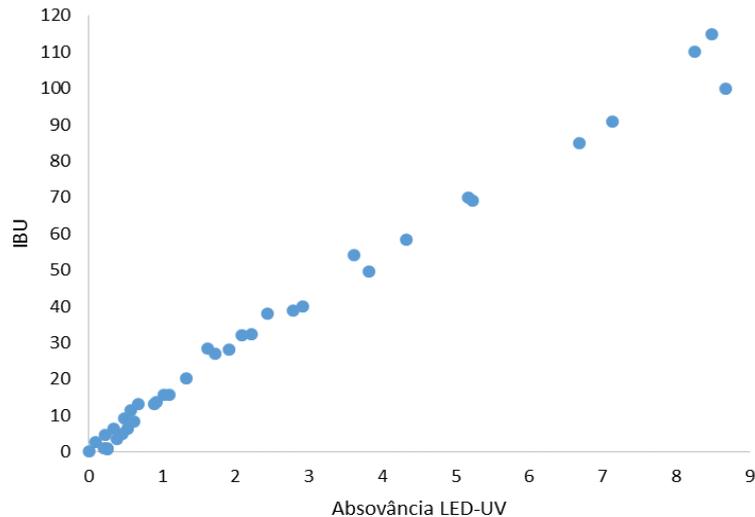


Figura 4 – Dados experimentais

3.2 Medições em cervejas comerciais

Os resultados das medidas realizadas pelo protocolo internacional e pelo método novo estão apresentados na Tabela 2. Como estas medidas foram feitas com uma réplica cada, as mesmas estão apresentadas como uma média aritmética dos valores encontrados.

Pode ser observado que o equipamento desenvolvido neste trabalho apresentou desempenho satisfatório, pois apesar de apresentar erros percentuais acima de 15% para algumas amostras, o erro absoluto teve média de 1,83 IBU's, sendo o maior valor de erro absoluto 4,42 IBU's. Para aplicações cervejeiras, este erro é considerado aceitável.

Amostra	Absorbância em 275 nm	IBU	Absorbância LED-UV
Branco	0,00	0,0	0,00
1	0,06	2,8	0,10
2	0,02	1,0	0,21
3	0,09	4,7	0,22
4	0,02	1,1	0,25
5	0,01	0,6	0,26
6	0,13	6,3	0,34

7	0,07	3,5	0,38
8	0,10	4,9	0,45
9	0,18	9,2	0,48
10	0,13	6,3	0,53
11	0,23	11,5	0,58
12	0,17	8,3	0,62
13	0,26	13,2	0,67
14	0,26	13,0	0,89
15	0,27	13,7	0,92
16	0,31	15,7	1,03
17	0,32	15,8	1,09
18	0,40	20,1	1,33
19	0,57	28,4	1,62
20	0,54	27,0	1,72
21	0,56	28,2	1,91
22	0,64	32,0	2,08
23	0,65	32,5	2,21
24	0,76	38,0	2,43
25	0,78	38,8	2,79
26	0,80	39,9	2,91
27	1,08	54,0	3,62
28	0,99	49,5	3,82
29	1,17	58,5	4,33
30	1,40	70,0	5,17
31	1,38	69,0	5,23
32	1,70	85,0	6,68
33	1,82	91,0	7,14
34	2,20	110,0	8,26
35	2,30	115,0	8,49
36	2,00	100,0	8,68
37*	2,50	125,0	9,59
38*	2,50	125,0	9,62
39*	2,50	125,0	9,65
40*	2,50	125,0	9,68
41*	2,50	125,0	9,76
42*	2,50	125,0	10,14
43*	2,50	125,0	10,82
44*	2,50	125,0	10,87
45*	2,50	125,0	11,07
46*	2,50	125,0	12,03

* Máximo de absorvância medida pelo espectrofotômetro

Tabela 1 - Resultados experimentais das soluções

Amostra	Absorbância em 275 nm	IBU calculado	Absorbância LED-UV	IBU estimado	Erro absoluto	Porcentagem do erro absoluto %
A	0,18	8,9	0,491	7,37	1,56	17,5%
B	0,34	17,2	0,951	14,15	3,02	17,6%
C	0,19	9,6	0,554	8,32	1,26	13,1%
D	1,21	60,5	4,077	56,79	3,71	6,1%
E	1,45	72,5	5,448	73,62	1,12	1,5%
F	1,17	58,5	4,368	60,45	1,95	3,3%
G	0,32	15,9	0,991	14,73	1,12	7,1%
H	1,79	89,3	7,128	92,67	3,42	3,8%
I	0,31	15,5	0,978	14,54	0,96	6,2%
J	0,12	6,1	0,397	5,98	0,12	2,0%
K	0,25	12,3	0,796	11,88	0,37	3,0%
L	1,01	50,5	3,585	50,47	0,03	0,1%
M	0,72	36,0	2,505	36,08	0,08	0,2%
N	1,12	56,0	3,836	53,71	2,29	4,1%
O	0,54	26,8	1,519	22,33	4,42	16,5%
P	1,31	65,5	4,464	61,65	3,85	5,9%

Tabela 2 - Resultados das medições em cervejas comerciais

4. CONCLUSÃO

O novo método conseguiu medir com razoável aderência o amargor de cervejas e mostos a um nível de custo muito mais baixo. Espectrofotômetros custam na casa de dezenas de milhares de dólares e o custo do equipamento em desenvolvimento orbita em torno cem dólares (a menos da câmera fotográfica, obviamente). O objetivo futuro é acoplar o dispositivo a um aparelho celular dotado de câmera de boa qualidade, fornecendo o resultado de amargor instantaneamente na tela do aparelho, através de algoritmos a serem implementados na forma de aplicativos. Isso fornecerá uma ferramenta importantíssima de controle de qualidade bem como aferição de produtos contratados, como no caso das cervejarias ditas “ciganas”.

Um outro resultado importante foi o fato do aparato ter conseguido medidas consistentes mesmo numa faixa de valores de IBU acima das possibilidades do espectrofotômetro (pontos 37 a 46 da Tabela 1).

REFERENCES

1. ARRIETA, Á. A. et al. Prediction of bitterness and alcoholic strength in beer using an electronic tongue. *Food Chemistry*, v. 123, n. 3, p. 642–646, 2010.
2. AYABE, T. et al. Iso- α -acids, bitter components of beer, prevent obesity-induced cognitive decline. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, p. 4760, 2018.
3. INSTITUTE OF BREWING ANALYSIS COMMITTEE. RECOMMENDED METHODS OF ANALYSIS. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 77, n. 2, p. 181–226, 4 mar. 1971.
4. CABALLERO, I.; BLANCO, C. A.; PORRAS, M. Iso- α -acids, bitterness and loss of beer quality during storage. *Trends in Food Science and Technology*, v. 26, n. 1, p. 21–30, 2012.
5. CHRISTENSEN, J.; LADEFOGED, A. M.; NORGAARD, L. Rapid determination of bitterness in beer using fluorescence spectroscopy and chemometrics. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 111, n. 1, p. 3–10, 2005.
6. JASKULA, B. et al. Enhanced Quantitative Extraction and HPLC Determination of Hop and Beer Bitter Acids. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 113, n. 4, p. 381–390, 2007.
7. KAO, T. H.; WU, G. Y. Simultaneous determination of prenylflavonoid and hop bitter acid in beer lee by HPLC-DAD-MS. *Food Chemistry*, v. 141, n. 2, p. 1218–1226, 2013.
8. KARABÍN, M. et al. Relationship of iso- α -acid content and endogenous antioxidative potential during storage of lager beer. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 120, n. 3, p. 212–219, 2014.
9. KING, B. M.; DUINEVELD, C. A. . Changes in bitterness as beer ages naturally. *Food Quality and Preference*, v. 10, n. 4, p. 315–324, 1999.
10. LEWIS, M. J.; YOUNG, T. W. *Brewing*. [s.l: s.n.].
11. NIMUBONA, D. et al. An approximate shelf life prediction of elaborated lager beer in terms of degradation of its iso- α -acids. *Journal of Food Engineering*, v. 116, n. 1, p. 138–143, 2013.
12. OLADOKUN, O.; SMART, K.; COOK, D. An improved HPLC method for single-run analysis of the spectrum of hop bittering compounds usually encountered in beers. *Journal of the Institute of Brewing*, v. 122, n. 1, p. 11–20, 2016.
13. POLSHIN, E. et al. Electronic tongue as a screening tool for rapid analysis of beer. *Talanta*, v. 81, n. 1–2, p. 88–94, 2010.