

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

**AVALIAÇÃO DO AMARGOR (IBU) DO LÚPULO HÉRKULES NA CERVEJA
ATRAVÉS DO AJUSTE POLINOMIAL DE CURVAS PELO MÉTODO DOS
MÍNIMOS QUADRADOS¹
EVALUATION OF BITTERNESS (IBU) OF HOLLOW HOPS IN BEER
THROUGH POLYNOMIAL ADJUSTMENT OF CURVES BY THE METHOD OF
MINIMAL SQUARES**

**Mariana Protti Spinato², Giovani Franco Dressler³, Marina De Campos⁴,
Cláudia Piva⁵**

¹ Projeto de Pesquisa realizado na disciplina de Cálculo II do curso de Engenharia Química da Unijuí

² Acadêmica de Engenharia Química - Unijui; E-mail: marianaprottispinato@hotmail.com

³ Acadêmico de Matemática Licenciatura - Unijui; E-mail: gidressler@gmail.com

⁴ Acadêmica de Engenharia Química - Unijui; E-mail: marinaa.campos@hotmail.com

⁵ Professora Mestre do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Unijuí, Orientadora, claudiap@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais comuns e mundialmente apreciada. Pesquisas apontam que o aumento pela procura de cervejas diferentes tem feito o mercado de cervejas artesanais crescer de forma exponencial e com isso, o surgimento de diversas marcas, com diferentes formulações, empregando variadas formas de produzi-la.

Um dos principais ingredientes na produção da cerveja é o lúpulo. Ele é responsável por regular o amargor, aroma e sabores. Este trabalho tem por objetivo relatar uma atividade experimental desenvolvida na disciplina de Cálculo II, a qual iniciou através de uma pesquisa relacionada a produção de cervejas artesanais e suas formulações. Nesta pesquisa decidiu-se analisar como o lúpulo Hérkules (Alemanha) afeta o amargor da cerveja, quando utilizado em diferentes quantidades e exposto a 60 minutos de fervura. Para a análise dos dados experimentais será utilizado o Ajuste Polinomial de Curvas e Método dos Mínimos Quadrados. Busca-se encontrar um modelo matemático que possibilite analisar o amargor de qualquer quantidade de lúpulo Hérkules e também, tendo definido o amargor desejado, encontrar a quantidade necessária a ser utilizada.

O presente trabalho consiste em determinar o amargor da cerveja através de diferentes quantidades do lúpulo Hérkules (Alemanha) 17,01%AA, em 60 minutos de fervura. Os cálculos

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

serão feitos por Ajuste Polinomial de Curvas pelo Método de Mínimos Quadrados, para encontrar a equação da curva que melhor representa os dados experimentais.

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas as bibliografias indicadas nos Planos de Ensino das disciplinas Cálculo II e de Cálculo Numérico Computacional, bem como, aplicados os conceitos nelas aprendidos, para o tratamento matemático do problema. Para “entender” a influência do lúpulo e como suas características afetam a produção cervejeira foram analisados vários artigos, notícias e textos da internet, bem como, vídeos explicativos e diálogos com Sérgio Faria - mestre cervejeiro - que foram de extrema importância para o real entendimento de como as características do lúpulo se apresentam na produção de cerveja.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ajuste de curvas foi utilizado o método dos mínimos quadrados que consiste em encontrar uma curva onde a soma do quadrado das diferenças entre o valor calculado e o experimental é a menor possível. Os dados necessários para a realização da pesquisa foram encontrados a partir de uma calculadora (*online*) de IBU.

Os dados obtidos foram organizados na tabela a seguir:

Tabela 1 - Dados de concentração e IBU.

Concentração (g)	Amargor (IBU)
5	7.9
10	15.7
15	23.6
20	31.4
25	39.3
30	47.2

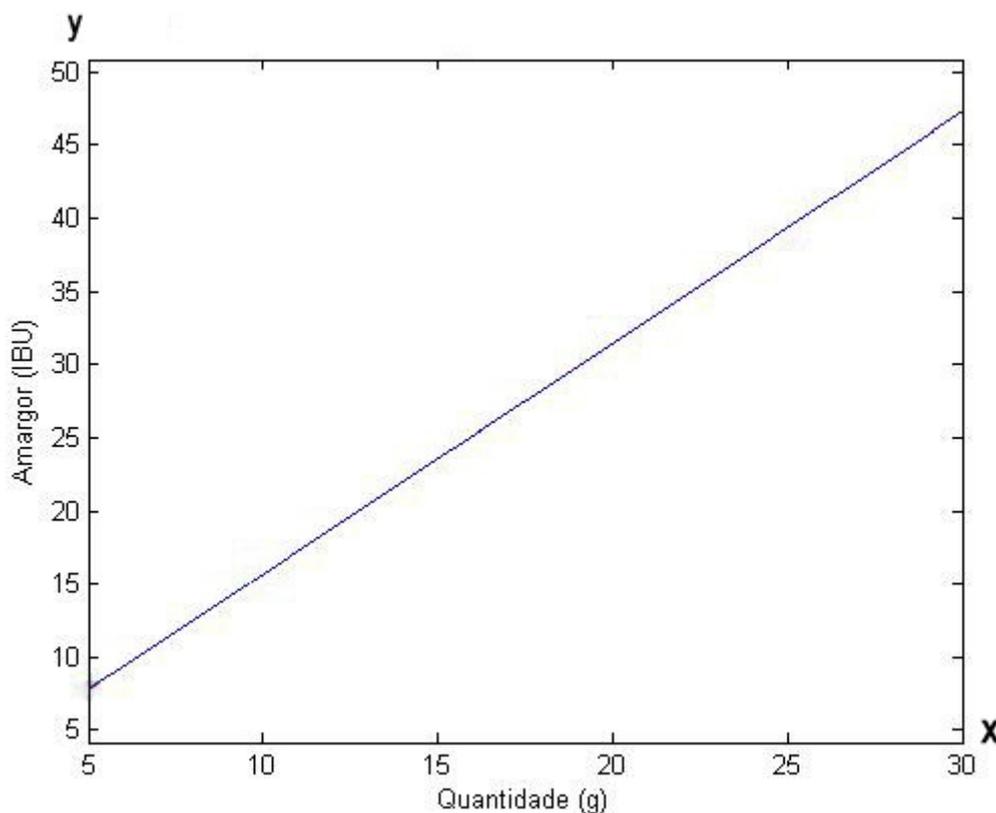
Fonte: Produção Própria

na tabela 1.

Gráfico 1 - Gráfico dos dados obtidos

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão



Fonte: Produção Própria - Matlab

Após a análise do gráfico observamos que o melhor ajuste para os dados é um polinômio de grau um, ou seja, uma reta. Como o melhor polinômio encontrado foi uma reta vamos utilizar a equação geral da reta ($y = ax + b$) para o cálculo, encontrando a e b e consequentemente a equação da reta que representa os dados. Substituindo o valor de a e b na equação geral da reta obtemos a equação da reta que melhor se adapta aos nossos dados:

$$y = 1,572x + 6,67 \cdot 10^{-3}$$

Para que essa análise seja eficiente precisamos que a curva encontrada tenha uma boa precisão ou linearidade, ou seja, que passe exatamente ou quase por todos os pontos obtidos. O coeficiente de determinação (R^2) é o modo de verificar a precisão da curva encontrada. É dado pela fórmula $R^2 = 1 - (SQE/SQT)$. SQE consiste na soma dos quadrados dos erros e SQT é a soma dos quadrados das diferenças em relação a média.

01 a 04 de outubro de 2018

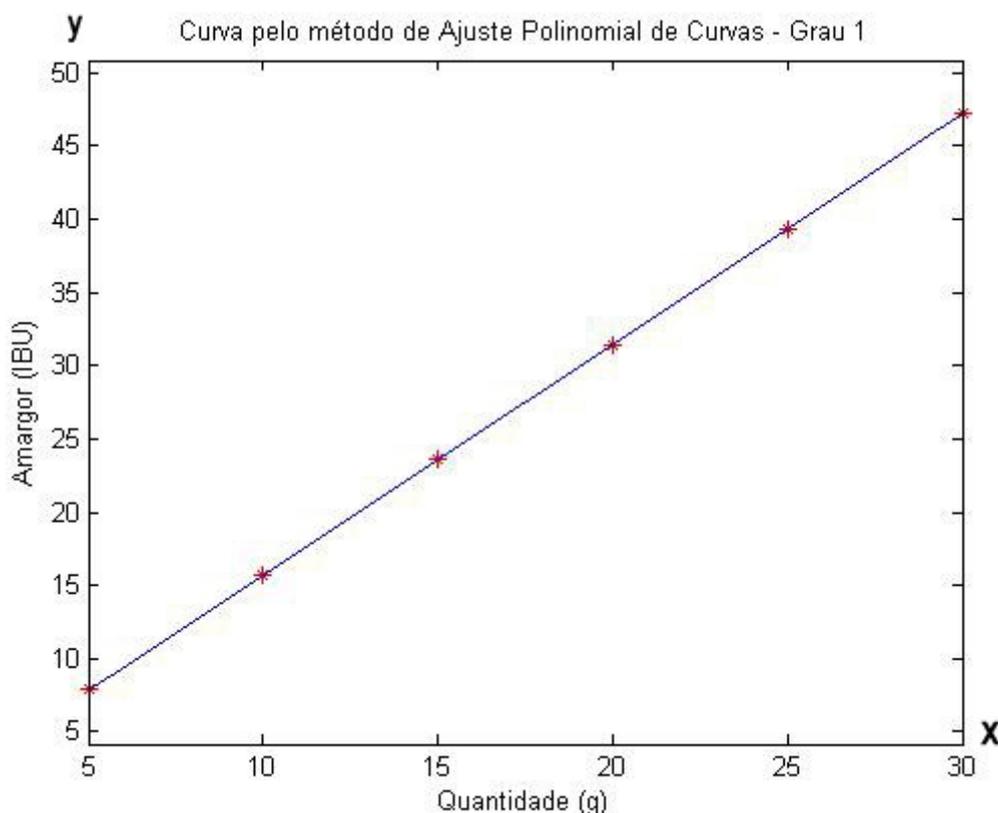
Evento: XIX Jornada de Extensão

A partir da aplicação das fórmulas encontramos a precisão:

$$SQE = 0,003 ; SQT = 1081,1482 ; R^2 = 0,9999$$

O valor $R^2=0,9999$ significa que o ajuste de reta feito teve uma precisão de 99,99%, entretanto como os cálculos foram feitos manualmente houve erros de arredondamento. Através do programa Matlab que é capaz de utilizar muito mais números depois da vírgula, o valor de R^2 real encontrado foi de 1 ou seja, 100%. Então a precisão real da reta $y = 1,572x + 6,67 \cdot 10^{-3}$ é 100%.

Gráfico 2 - Reta encontrada pelo ajuste.



Fonte: Matlab

CONSIDERAÇÕES FINAIS

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

Pode-se dizer que um dos fatores mais importantes da cerveja é o controle de seu amargor, por isso existe um grande cuidado e estudo para que o lúpulo seja adicionado na quantidade e tempos de fervura exatos para o amargor desejado. Com o resultado desse trabalho conseguimos ter o controle da quantidade e tempo do lúpulo com 100% de precisão.

A partir da equação da reta encontrada, que é o modelo matemático aplicado aos dados experimentais utilizados, podemos analisar o amargor de qualquer quantidade de lúpulo Hérkules e também sabendo o amargor desejado podemos encontrar a quantidade necessária. Os passos presentes neste trabalho podem ser seguidos para encontrar o modelo matemático de outra variedade de lúpulo ou outro tempo de fervura.

REFERÊNCIAS

ANTON, Howard. **Cálculo**: um novo horizonte. Porto Alegre: Bookman, 2000/2009. v. 1.

A QUÍMICA DO LÚPULO. In: <http://www.condadodacerveja.com.br/quimica-lupulo/>. Acesso em: 05. dez. 2017.

BARROSO, L. C. et al. **Cálculo numérico com aplicações**. São Paulo: Harbra, 1987.

BOULOS, Paulo; ABUD, Zara Issa. **Cálculo diferencial e integral**. São Paulo: Makron Books, 2000/2013. v. 2.

HIERONYMUS, STAN. **For The Love of Hops**: The Practical Guide to Aroma, Bitterness and the Culture of Hops.

IBU: A ESCALA DO AMARGOR DA CERVEJA. In: <http://www.brejas.com.br/blog/03-03-2009/ibu-escala-amargor-cerveja-942/>. Acesso em:

RUGGIERO, M. A. G.; LOPES, V. L. R. **Cálculo numérico**: aspectos teóricos e computacionais. São Paulo: McGrawHill, 1988/2006.