



# CINÉTICA DA PRODUÇÃO DE CACHAÇA USANDO A LEVEDURA SAFALE US-05

Felipe Junio de Sousa Silva <sup>1</sup>  
Camila Alessandra Gomes da Silva <sup>2</sup>  
Layane Bezerra Vicente <sup>3</sup>  
Ryan Freitas da Silva <sup>4</sup>  
Sófacles Figueredo Carreiro Soares <sup>5</sup>  
Sharline Florentino de Melo Santos <sup>6</sup>

## RESUMO

A cachaça é uma bebida destilada produzida a partir da fermentação e destilação do caldo de cana-de-açúcar. Basicamente, a produção de cachaça consiste em extrair o caldo da cana-de-açúcar na operação de moagem, convertê-lo em vinho pelo processo de fermentação e transformar o vinho de cana-de-açúcar em cachaça através da destilação. Na fermentação do caldo de cana, a ação de microrganismos é fundamental para a transformação dos açúcares presentes em álcool. Durante a fermentação, é importante controlar parâmetros como a temperatura, o pH, a concentração de açúcares e a presença de nutrientes para garantir uma fermentação adequada e a qualidade da bebida. Na cinética microbiana, parâmetros como a taxa de crescimento microbiano, a velocidade de consumo de insumos e a produção de metabólitos são importantes para entender e controlar o processo de fermentação. Desse modo, os objetivos desse trabalho foi a produção de cachaça usando a levedura cervejeira e a realização dos estudos referente a cinética microbiana de crescimento da levedura e produção da cachaça. A fermentação aconteceu em biorreator de aço inoxidável com capacidade de 30 L, usando inóculo de 10% (v/v), em temperatura ambiente durante 3 dias. Foram realizadas análises periódicas do teor de sólidos solúveis, pH, concentração de leveduras e concentração de etanol. Em seguida, foi feita a destilação em alambique de cobre, após a diminuição significativa do teor de sólidos solúveis, obtendo um grau alcóolico de 8,8 °GL. Após a destilação a bebida apresentou um teor alcóolico na faixa de 48% (v/v), está dentro da faixa de especificações propostas para a fabricação do produto.

**Palavras-chave:** Fermentação, Levedura cervejeira, Cinética microbiana.

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, felipejunio1711@outlook.com;

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, camilaalessandra023@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, layanebem29@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, ryangba20@gmail.com

<sup>5</sup> Doutor pelo Curso de Química da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, sofacles@gmail.com;

<sup>6</sup> Professora orientadora: Doutora, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, sharlinefm@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

A história da cachaça começa com o período colonial do Brasil em meados dos anos 1530, onde os produtores de cana-de-açúcar notaram que o subproduto liberado na produção que era conhecido pelos escravos como “cachaza”, este líquido era utilizado em trato de animais mas após alguns dias isso fermenta e virava um líquido ardente, no qual originou o nome aguardente (OLIVEIRA, 2022). Ao passar dos anos a cachaça que tinha como apelido aguardente de cana, foi ganhando seu lugar no mercado e perdeu aquela visão que a população tinha como uma bebida sem comércio devido a novas técnicas e receitas de produção (IBRAC, 2023).

A produção de cachaça possui uma grande importância social, cultural e, principalmente, econômica no Brasil (LIZ et al., 2016). Dessa forma, é considerada uma das bebidas mais produzida no território nacional e a segunda mais consumida entre os brasileiros, ficando, apenas, atrás da cerveja. Ademais, de acordo com a Instrução Normativa nº 13 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) denomina-se cachaça como “bebida típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, apresentando características sensoriais peculiares e teor alcoólico variando de 38% a 48%” (BRASIL, 2005).

O mercado da cachaça vem sofrendo uma mudança radical, em que o Brasil produz cerca de 1,2 milhões de litros da bebida. E sua maior concentração de produção é no estado de São Paulo, correspondendo a 50% da produção nacional, seguido pelo estado de Minas Gerais que é responsável por 10% da produção nacional, visto que o seu crescimento está possibilitando entrada de novos consumidores essencialmente os de classes mais elevada pelos gostos sensoriais agravantes, retirando aquele mito de uma bebida de baixa qualidade e destinada a consumidores das classes baixas. A cachaça destaca-se por suas qualidades e características únicas, pois trata-se de uma bebida saborosa, e com o passar do tempo e com os avanços tecnológicos a produção de cachaça melhorou cada vez mais (OLIVEIRA, 2022).

Durante todo processo produtivo é de fundamental importância manter os padrões de qualidade, permitindo agregar valor às características sensoriais, atender as exigências estabelecidas pela legislação, como de estabelecer limites na concentração de compostos potencialmente danosos à saúde dos consumidores, promover maior eficiência de produção com menor custo e maior competitividade no mercado (MAICAS, 2020). Para produção é necessário extrair o caldo da cana-de-açúcar na operação de moagem, convertê-lo em vinho pelo processo de fermentação e transformar o vinho em cachaça por meio da destilação. A fermentação é realizada por microrganismos conhecidos por leveduras, com destaque para a espécie *Saccharomyces cerevisiae* (GONÇALVES et al., 2021).

A produção de bebidas alcoólicas por leveduras é a mais antiga e economicamente uma das mais importantes biotecnologias. As leveduras desempenham papel vital na produção de todas as bebidas alcoólicas e a seleção de cepas de levedura adequadas é essencial não apenas para maximizar o rendimento alcoólico, mas também para manter a qualidade sensorial da bebida (MAICAS, 2020). Atualmente, esses microrganismos são usados em escala industrial, para garantir que o processo seja controlado e o resultado da fermentação seja estável em qualidade e propriedades. Assim, as enzimas desempenham importantes papéis, pois aumentam, significativamente, a velocidade da reação a partir da reação da energia de ativação, restringem o crescimento de microrganismos nocivos e fornecem propriedades distintas e desejáveis ao produto (MANNAA et al., 2021).

A seleção de levedura para utilização durante o processo fermentativo tem sido objetivo de inúmeras pesquisas, visando uma elevada produtividade e alta qualidade da cachaça produzida. As cepas selecionadas de levedura devem apresentar tolerância às variações físico-químicas, rápido crescimento, boa eficiência na condução do processo fermentativo (MAICAS, 2020). Assim, o uso de cepas selecionadas permite um início mais rápido do processo, menor risco de contaminação, fermentação uniforme, menor competição por nutrientes essenciais, maior rendimento, melhor qualidade química, sensorial e padronização da bebida produzida.

Desse modo, os objetivos desse trabalho foi a produção de cachaça usando a levedura cervejeira Safale US-05 e a realização dos estudos referente a cinética microbiana de crescimento da levedura e produção da cachaça.

## **METODOLOGIA**

Antes de começar os experimentos, os equipamentos foram higienizados com álcool 70%, para que não houvesse contaminação nas etapas seguintes.

### **Preparação do inóculo**

Inicialmente, foram filtrados cerca de 2 litros de caldo de cana para um béquer e verificou sua concentração em termos de sólidos solúveis, seguindo para a realização da diluição do caldo para que fosse possível atingir um teor de sólidos solúveis próximo de 7 °Brix, a diluição foi realizada usando água fervida. Após isso, foi adicionada a levedura, cerca de 300 mL de creme de levedura Safale US-05. Em seguida, foram transferidos cerca de 2 litros para 2 erlenmeyers (2L), sendo colocado 1 litro em cada um e 300 mL para 10 Erlenmeyers (125 mL), sendo colocado 30 mL em cada um, na qual todos foram mantidos em temperatura de 28°C sob agitação de 180 rpm, por 24 horas. Com isso, foram retiradas amostras a cada uma hora, num intervalo de seis horas, continuando

no dia seguinte num intervalo de três horas, para a realização da análise de sólidos solúveis, pH e concentração de células por peso seco.

## Fermentação

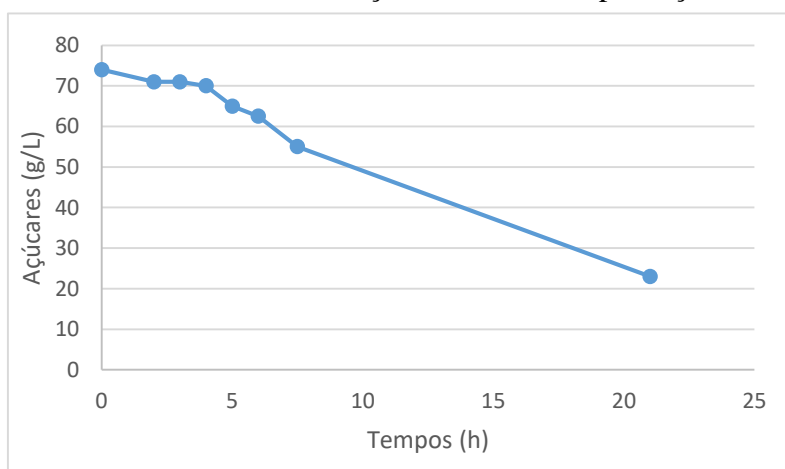
Foram filtrados cerca de 18 litros de caldo de cana para um fermentador de aço inox de 30 litros e verificou sua concentração em termos de sólidos solúveis. Foi realizada a diluição do caldo para que fosse possível atingir um teor de sólidos solúveis próximo de 15 °Brix. Foi adicionado cerca de 2 litros do inóculo e 2 litros de água para realizar sua incubação em temperatura ambiente, aproximadamente 28 °C.

Foi retirado amostras a cada uma hora, por um certo intervalo de tempo a depender do dia, para realização da análise de sólidos solúveis, pH, concentração de células, concentração de etanol e temperatura. As análises foram realizadas em duplicata. Após atingir os parâmetros adequados durante o processo fermentativo, foi feita a transferência do mosto para o procedimento de destilação em alambique de cobre.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas amostras na fase de produção do inóculo e na fase de fermentação para observar o comportamento do teor de sólidos solúveis (°Brix), pH, concentração de células (g/L) com o tempo. As coletas foram em duplicatas, e por isso os dados trabalhados estão relacionados aos seus valores médios, sabendo que o cálculo de açúcares é feito a partir do produto de 10 pelo valor de °Brix coletado, já que 1 °Brix equivale 10 g/L. A Figura 1 apresenta a curva de consumo de açúcares na fase de produção de inóculo.

Figura 1: Curva de consumo de açúcares durante a produção de inóculo

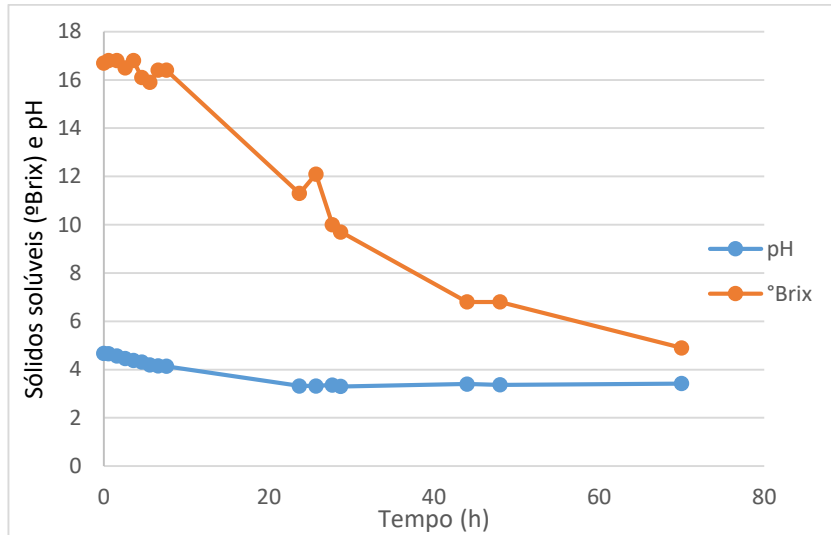


Fonte: Autores.

A Figura 1 possibilita perceber a queda do valor dos açúcares de 74 para 23 g/L. Isto acontece devido ao consumo dos açúcares para o crescimento das leveduras. O pH sai de 4,3 para 3,8, estando dentro de uma faixa aceita para o cultivo de leveduras, esta variação acontece provavelmente devido a produção de metabólitos secundários produzidos pelas leveduras como ácido e o CO<sub>2</sub>.

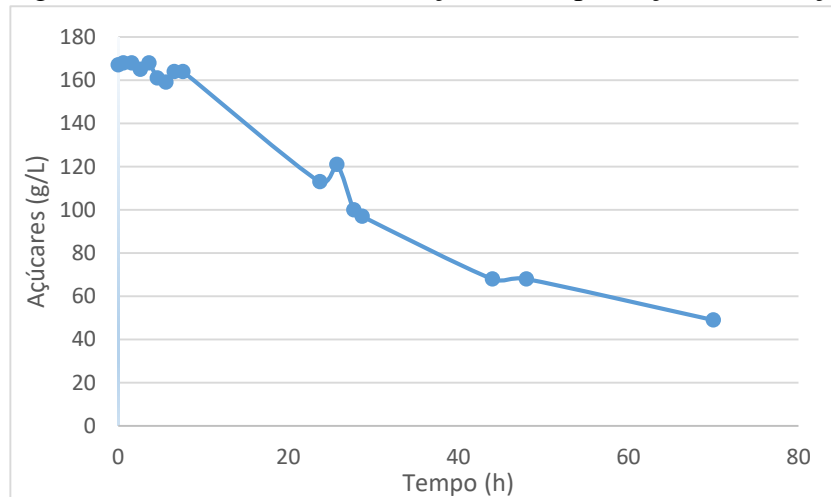
A Figura 2 apresenta os valores de sólidos solúveis e pH durante a fermentação do caldo de cana para produção da cachça. A Figura 3 apresenta o consumo de açúcares durante a fermentação.

Figura 2: Curva de sólidos solúveis e pH durante fermentação.



Fonte: Autores

Figura 3: Curva de consumo de açúcares na produção de cachaça



Fonte: Autores

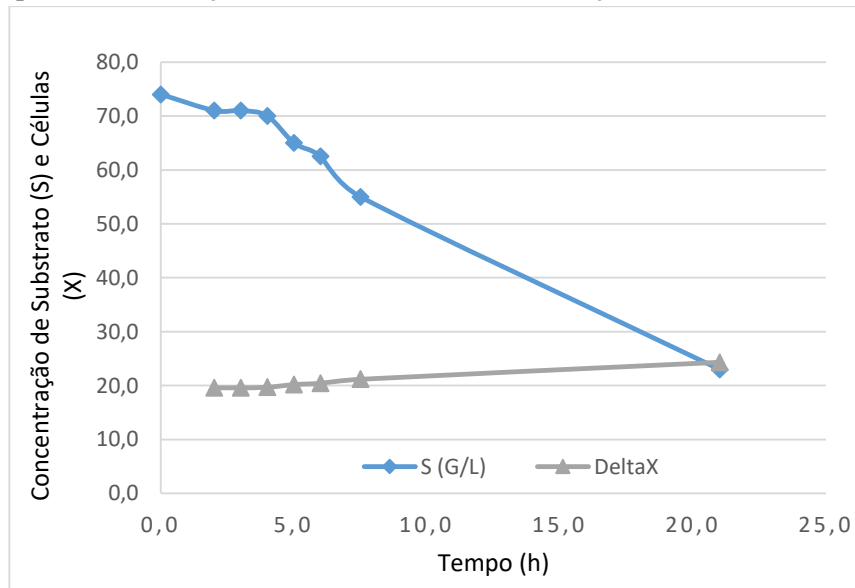
As Figuras 2 e 3 proporcionam entender que a queda do valor dos sólidos solúveis (°Brix), e consequentemente dos açúcares é consequência do consumo dos açúcares pelas leveduras para produção de etanol, enquanto o pH possui também uma queda seguida por uma estabilização por volta de 3,40.

O crescimento das levedura foi estimado a partir do valor teórico de  $Y_{x/s}$  igual a 0,098, definido por Santos (2001). O valor inicial da concentração de células foi determinado por peso seco como sendo de 19,3 g/L. Desse modo, possibilita encontrar a variação da quantidade de células, partindo da seguinte expressão:

$$X = X_0 + Y_{x/s}(S_0 - S)$$

A partir dos valores de concentração de células calculados foi possível obter a Figura 4, que mostra a cinética de consumo de açúcares (Substrato S) e produção de células (X) durante a fase de produção do inóculo.

Figura 4: Comportamento do açúcares (substrato S) e concentração de células (X) na fase de inóculo.



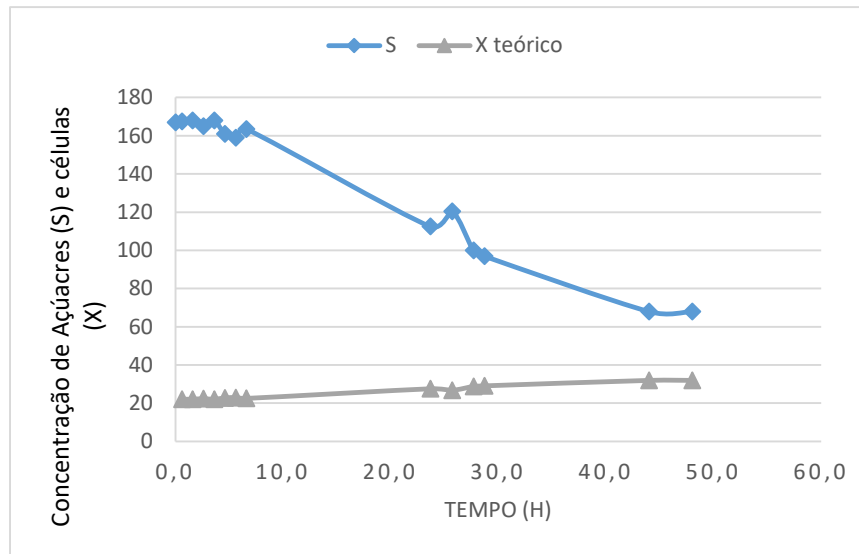
Fonte: Autores.

Desse modo, pode-se estimar que o valor da produtividade de células que foi de 0,196g/Lh.

$$P_X = \frac{X - X_0}{t_F} = \frac{22,5 - 19,3}{21} = 0,196 \frac{g}{L h}$$

Já na segunda etapa do processo, a fermentação para produção da cachaça, os valores da concentração de células teóricos, estimados estão representados na Figura 5.

Figura 5 : Comportamento dos açúcares (substrato S) e concentração de células (X) na produção da cachaça.



Fonte:Autores.

Nota-se que o substrato é consumido, ou seja, percebe-se o decaimento do valor dos açúcares em solução. Além disso, é possível analisar a curva da concentração de células que aumenta devido ao consumo do substrato, demonstrando um aumento contínuo da biomassa no processo.

E partindo desses valores encontrados e do valor teórico de  $Y_{x/s}$ , podem ser determinados os valores da velocidade de consumo de açúcares, sendo 1,68 g/Lh, a velocidade de crescimento da levedura igual a 0,165 g/Lh e a velocidade de produção de etanol de 0,99 g/Lh.

A velocidade específica máxima de crescimento celular é um parâmetro importante na cinética microbiana e pode ser calculada na fase exponencial de crescimento do microrganismo pela equação a seguir:

$$\mu = \frac{\ln(X) - \ln(X_0)}{t - t_0}$$

Sendo que X é a concentração de células no final da fase exponencial (g/L),  $X_0$  é a concentração de células no início da fase exponencial (g/L),  $\mu_x$  é a velocidade específica máxima de crescimento celular ( $h^{-1}$ ) e tempo (h).

$$\mu_x = \frac{\ln(38,77) - \ln(16,7)}{(70 - 0)}$$

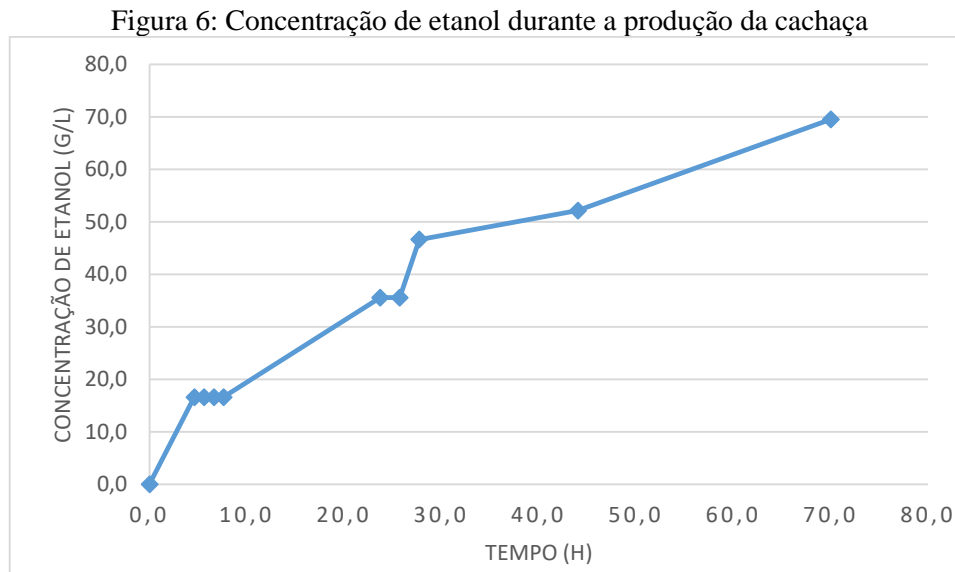
$$\mu_x = 0,0121 h^{-1}$$

Já o tempo de geração tem como funcionalidade a interpretação do crescimento celular, realizando-se uma análise mais prática sobre o intervalo de crescimento de bactérias, fungos e leveduras, sendo calculado através da seguinte equação, utilizando-se o resultado anterior:

$$t_g = \frac{\ln(2)}{\mu_x}$$

$$t_g = 57,28 \text{ h}$$

O comportamento da concentração de etanol durante a produção da cachaça pode ser observada na Figura 6:



Fonte: Autores

A Figura 6 possibilita entender que à medida que o processo ocorre, consumindo o açúcar presente em solução, a concentração de etanol cresce, entrando em conformidade com o esperado teoricamente.

Ademais, a produtividade é o quanto foi produzido um determinado componente dentro de um tempo de processo. Dessa forma com os valores encontrados, é possível determinar que a produtividade de etanol foi de 0,99 g/Lh.

$$P = \frac{P - P_o}{t_F} = \frac{69,50 - 0}{70} = 0,99 \frac{g}{L h}$$

As equações utilizadas neste trabalho são apresentadas no livro de Biotecnologia Industrial escrito SCHMIDELL et al. (2001), no capítulo que trata sobre cinética microbiana. A cachaça feita está mostrada na Figura 7.



**Figura 7: Cachaça formulada no experimento**



Fonte: Autores

Percebe-se, desse modo, que os resultados demonstrados e discutidos foram importantes por serem obtidos em uma experiência em aula prática de produção de cachaca para que os conhecimentos discutidos em sala pudessem ser aplicados e melhor compreendidos.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o experimento contribuiu para o entendimento sobre o crescimento e a cinética microbiana, além de proporcionar uma assertiva produção de cachaca, em escala laboratorial. Foi possível também, pela análise dos dados, perceber a existência de erros durante a coletadas informações experimentais, e com isso foi necessário contornar tal situação problemática por meio do valor do rendimento teórico da biomassa ( $Y_{x/s}$ ), e com esse valor estimar os parâmetros alvos do estudo.

Desse modo, mediante os resultados observados, conclui-se que a fabricação da cachaca está dentro da faixa de especificações propostas para a fabricação do produto, obtendo-se uma bebida com teor alcoólico na faixa de 48% (v/v).

## REFERÊNCIAS

ALCOÓLICA CONTÍNUA EXTRATIVA. VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS

ALVES, J.G.L.F. **Estudo da influência da temperatura na cinética de crescimento de *Saccharomyces cerevisiae***. Campinas 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos).

Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 13, de 29 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de CACHAÇA GESTOR. **Tudo que você precisa saber sobre a legislação no mercado da cachaça**. Disponível em: . Acesso em: 19 de abril de 2023.

CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana**. 3.ed. Lavras: UFLA, 2013.

IBRAC – Instituto Brasileiro de Cachaça: **Mercado interno**. Disponível em: . Acesso em: 19 de abril de 2023.

LIZ, C. N.; RODRIGUES, R. A.; SILVA, S. W.; SANTOS, A. C.; MELO, T. F. **Produção de cachaça artesanal e seu contexto: um estudo de caso com alambiques do sul de Minas Gerais**. Revista da UI\_IP Santarém- Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, p. 1-20, 2016.

MAIA, Amazile Biagioni R. A. **Equipamentos para a produção de cachaça**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 63-66, 2002.

MAICAS, S. The role of yeasts in fermentation processes. **Microorganisms**, v.8, n. 8, p. 1142, 2020.

MANNA, M.; HAN, G.; SEO, Y. S.; PARK, I. **Evolução dos processos de fermentação de alimentos e o uso de multi-ômicas para decifrar os papéis da microbiota**. Foods, v. 10, n. 11, p. 2861, 2021.

MIRANDA, M.B.; MARTINS, N.G.S.; BELLUCO, A.E.S.; HORII, J.; ALCARDE, A.R. Perfil físico – químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 28(supl.), p.84-89, dez.2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v2850/14.pdf>. Acesso em: 22 de set. 2023.

OLIVEIRA, L, M. **O processo de produção da cachaça artesanal e sua importância comercial**.

Disponível em: <

[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS99VGVE/1/monografia\\_ana\\_marcia\\_2011\\_2.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS99VGVE/1/monografia_ana_marcia_2011_2.pdf)>.

Acesso em: 19 de abril de 2023.



SANTOS, S.F.deM. **MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA FERMENTAÇÃO**

SOUZA, R. A. HENRIQUE, R. S.; SILVA, M. T. P. **Perfil sensorial de cachaças industriais produzidas no sudeste do Brasil safra 2008/2009**. Revista Agrotecnologia, Anápolis, v.4, n.1, p.97-108, 2013.

**SUBPRODUTOS INIBIDORES**. Campina Grande, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal da Paraíba.

**SCHMIDELL, Willibaldo et al ( coordenação ). Biotecnologia Industrial. São Paulo: Blucher, 2001. ISBN: 85212027841.**