

# Estudo cinético do processo produtivo de cerveja artesanal utilizando mandioca como adjunto cervejeiro

*Kinetic study of tjhe handmade beer production process using cassava as a brewing adjunct*

**Douglas Fonseca Galvão**

Graduando do curso de Engenharia Química (UNIPAM).

E-mail: douglasgalvao.eq@hotmail.com

**Karoline Pereira Ribeiro**

Professora orientadora (UNIPAM).

E-mail: karolinepr@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O estudo objetivou utilizar mandioca como adjunto cervejeiro substituto de parte do malte utilizado na fabricação da cerveja artesanal. Tratou-se de um estudo cinético da fermentação da cerveja do tipo APA (American Pale Ale) puro malte, e com parte do malte substituída por mandioca, visando à comparação dos parâmetros cinéticos de ambas. Foi observado o pH, °Brix, Teor alcoólico, teor de células, acidez total e o rendimento do processo fermentativo. Foi obtido um comportamento fermentativo semelhante, tanto da cerveja puro malte, quanto da que utilizou mandioca como substituta para parte do malte utilizado na brassagem. Observou-se um comportamento semelhante das duas formulações quanto aos parâmetros fermentativos e produtos finais, observando uma redução significativa no custo por litro de bebida obtida, para a cerveja com mandioca, obtiveram-se valores de 38,31% quanto à conversão global da fermentação e 0,35 g/L.h, enquanto para a cerveja puro malte, 38,21% e 0,37, respectivamente.

**Palavras-chave:** Gelatinização. American Pale Ale. Fermentação.

**Abstract:** The study aimed to use cassava as a substitute brewing adjunct to part of the malt used in the manufacture of handmade beer. This was a kinetic study of the fermentation of APA (American Pale Ale) beer, pure malt, with part of the malt replaced by cassava, aiming at comparing the kinetic parameters of both. The pH, °Brix, Alcohol content, cell content, total acidity and the yield of the fermentation process were observed. A similar fermentative behavior was obtained, both for pure malt beer and for using cassava as a substitute for part of the malt used in brewing. A similar behavior of the two formulations was observed regarding the fermentative parameters and final products, observing a significant reduction in the cost per liter of beverage obtained, for beer with cassava, values of 38.31% were obtained regarding the overall conversion of the fermentation and 0.35 g / Lh, while for pure malt beer, 38.21% and 0.37, respectively.

**Keywords:** Gelatinization. American Pale Ale. Fermentation.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A cerveja é definida como a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, proveniente do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo, podendo substituir o malte e o lúpulo por seus extratos. Segundo o Decreto nº 6.871/2009, parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos cervejeiros, sendo que eles não devem exceder 45% em peso, sobre extrato primitivo (BRASIL, 2009).

Na última década, a produção de cerveja no Brasil cresceu impressionantes 64%, saltando de 8,2 bilhões para 13,4 bilhões de litros anuais, segundo dados do Sistema de Controle de Produção de Bebidas da Receita Federal (SICOBE) (CERVBRASIL, 2014). Atualmente, o setor cervejeiro gera cerca de 2,2 milhões de empregos, com sua receita correspondendo a 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) (BRASIL, 2017). Em 2016, o Brasil se tornou o terceiro maior produtor mundial de cerveja, fabricando 14,1 bilhões de litros, ficando atrás apenas da China e dos EUA (BRASIL, 2017).

Os adjuntos cervejeiros são utilizados visando a diminuir os gastos com matérias-primas utilizadas na fabricação da cerveja, uma vez que a matéria prima produzida no Brasil não supre a demanda nacional (D'AVILA *et al.*, 2012). Segundo a Embrapa (2009), apenas 30% do malte consumido pela indústria cervejeira é produzido no Brasil. Dessa forma, a utilização de adjuntos provenientes de matérias-primas nacionais diminui os custos do extrato cervejeiro.

Segundo Priest e Stewart (2006), os Estados Unidos são um dos maiores produtores de cerveja do mundo. Os principais adjuntos utilizados no país são o milho (46% do total de adjuntos), o arroz (31%), os açúcares e xaropes (22%) e a cevada (1%), notando um grande emprego de adjuntos contendo amido em sua composição.

O malte da cevada por possuir elevado poder diastásico (capacidade de hidrolisar amido) facilita a utilização de outras matérias-primas amiláceas combinadas com o malte, sendo possível uma maior diversidade de mostos e, conseqüentemente, de produtos obtidos (EMBRAPA, 2009).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), originária da América do Sul, é um dos principais alimentos energéticos nos países em desenvolvimento. Mais de 100 países a produzem, porém o Brasil é responsável por 10% da produção mundial, sendo o segundo maior produtor do mundo. É de fácil adaptação, situa-se entre os oito primeiros produtos agrícolas do país, em termo de área cultivada e o sexto em valor de produção (EMBRAPA, 2018).

É também amplamente utilizada na obtenção de bebidas e alimentos tradicionais brasileiros, assim como na obtenção de álcool. Além do mais, comprova-se a potencialidade do uso de farinhas e féculas de mandioca como adjunto cervejeiro, tal como a obtenção de xarope de alta maltose, por possuir de 2 a 4% de açúcares fermentescíveis e um alto teor de amido. Dessa forma, observa-se a potencialidade da mandioca como adjunto cervejeiro e substituto do malte de cevada (VENTURINI FILHO; MENDES, 2004).

O objetivo deste trabalho foi a obtenção e a caracterização de uma cerveja artesanal do tipo APA (American Pale Ale), utilizando mandioca como adjunto

cervejeiro, substituindo parte do malte, bem como o estudo cinético do processo fermentativo e a caracterização físico-química do produto final.

## 2 METODOLOGIA

Foram produzidas duas cervejas artesanais do tipo APA (*American Pale Ale*) sendo uma com a substituição de parte do malte por mandioca e outra contendo apenas malte em sua brassagem. Seguiu-se a metodologia descrita por Aquarone *et al.* (2001). Para a produção de 50 L, a cervejaria MECBIER com capacidade para 60 litros (fermentador e demais instrumentos que foram utilizados na produção da bebida, como vidrarias e filtros) foram esterilizados com Ácido Peracético com concentração de 15% V/V.

**Figura 1** – Cervejaria MECBIER



Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Para a utilização da mandioca como adjunto cervejeiro, a gelatinização prévia da dela se fez necessária. Para essa gelatinização, a cada 100 g de mandioca, foram adicionados 850 mL de água, aquecendo em banho-maria a 60° C por 30 minutos.

Para a mosturação de ambas, a água foi aquecida na microcervejaria MECBIER, até à temperatura de 70° C, adicionando assim todos os maltes previamente moídos e a mandioca gelatinizada na cerveja cuja substituição foi proposta. O processo de cozimento do mosto cervejeiro foi de 90 minutos em temperatura constante, adicionando 48g do lúpulo Amarillo, após 30 minutos de fervura; 28g do lúpulo centennial após 45 minutos; e nos últimos 15, adicionou-se 28g do lúpulo Columbus.

Após a brassagem, o mosto utilizado na fervura foi lavado com água a 80° C, visando à melhor utilização da matéria-prima. Após a lavagem do malte, foi adicionada a pastilha de *Whirfloc T*, para acelerar o processo de decantação que antecede o processo de filtração.

Posteriormente, os mostos passaram por filtração, com auxílio de instrumentos previamente sanitizados e, ao serem filtrados, as bebidas foram transferidas aos fermentadores.

Após a filtração, adicionou-se a levedura aos mostos. Elas foram preparadas adicionando 100g de levedura a um erlenmeyer previamente sanitizado, com água a 20° C e agitação branda, visando a não estressar o sistema. Aguardou-se cerca de 30 minutos antes de transferir o inóculo para o recipiente fermentador juntamente com a bebida.

A fermentação ocorreu por 14 dias, com temperatura controlada entre 22° C e 24° C. Após esse período, a cerveja foi filtrada novamente, estando, assim, pronta para a adição do *priming* (se dará na proporção de 8g a cada litro de cerveja), que completará a carbonatação da cerveja.

Depois de prontas, as cervejas foram engarrafadas em garrafas de cor âmbar, com capacidade de 500mL, previamente sanitizadas com Ácido Peracético, observando um intervalo de cerca de 10mL do volume máximo, para que a carbonatação não estourasse a garrafa.

Na própria garrafa, a cerveja com a adição do *priming* descansou por cerca de 8 dias antes que a garrafa fosse aberta para análises posteriores.

## 2.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises do produto foram realizadas de acordo com o AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Foram realizadas análises de pH, °Brix e teor alcóolico. Foram coletadas amostras a cada 24 horas, para que se analisassem os teores de açúcares, células (*Saccharomyces cerevisiae*) e álcool, para a observação do comportamento cinético celular do processo fermentativo.

### 2.1.1 Determinação do pH

A medição do pH foi realizada com pHmetro Alfa Mare 22.906 previamente calibrado, com a imersão do eletrodo na amostra.

### 2.1.2 Determinação do °Brix

Para a determinação do °Brix, foi utilizado um refratômetro previamente calibrado com água destilada, e posterior leitura com a amostra. Para obter-se a concentração de glicose em g/L, foi utilizada a equação proposta por Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix, multiplicando-se o °Brix pela densidade da glicose, conforme a Equação 1.

$$S = 1,54 * \frac{^{\circ}Brix}{100} * 1000 \quad (1)$$

### 2.1.3 Teor alcóolico

O teor alcóolico foi realizado através da destilação de uma alíquota de 100mL em um microdestilador GIBERTINI. Para a determinação do grau alcóolico real, foi

utilizado o determinador de concentração da marca ANTOON PAAR do modelo DMA 4500.

## 2.2 CINÉTICA DA FERMENTAÇÃO

### 2.2.1 Teor de células

A determinação da concentração de células foi dada pelo método de massa seca, que consiste na separação das células do meio, secá-las e pesá-las. Foram pipetados 10ml de amostra do fermentado e posteriormente transferidos para dois tubos de ensaio previamente secos e pesados. Eles foram submetidos à centrifugação durante 10 min, a uma rotação de 3500 rpm. A solução sobrenadante foi removida da amostra. Foi adicionada água destilada aos tubos contendo leveduras, sendo este processo repetido por duas vezes. Após esse processo os tubos foram submetidos à secagem em estufa durante 24 horas, a uma temperatura de 105° C e pesadas em balança analítica até massa constante, conforme realizado por Florêncio (2008). A concentração celular se deu pela Equação 2.

$$\text{Concentração celular} = \frac{M1 - M2}{V} * 1000 \quad (2)$$

M1 é a massa inicial do tubo; M2 é a massa do tubo pós-secagem e V indica o volume do tubo utilizado na secagem.

Os teores de etanol, células e sólidos totais solúveis (°Brix) foram analisados a cada 12 horas, visando ao estudo cinético das fermentações citadas.

### 2.2.2 Acidez total

A acidez total foi determinada por titulometria com hidróxido de sódio (NaOH) a 1 mol/L, conforme a metodologia do CTC (2011). Foram pipetados 50 mL do fermentado e transferidos para um béquer de 100 mL. O eletrodo foi então imergido diretamente na amostra, que foi titulada gota a gota sob agitação até obtenção de pH 8,7. A acidez foi determinada de acordo com a Equação 3:

$$\text{acidez(g/L)} = V * 0,98 * f \quad (3)$$

A variável "V" representa o volume que será gasto da solução de hidróxido de sódio na titulação (mL); "f" é o fator de correção do hidróxido de sódio a 1 mol/L e "0,98" é a acidez sulfúrica (g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L).

### 2.2.3 Rendimento do processo fermentativo

Para a análise do rendimento da fermentação, foi utilizado o modelo de Monod (Equação 4) e, para a determinação do parâmetro  $\mu_{max}$ , foi aplicado o modelo linearizado de Eadie-Hofstee (Equação 5). Os coeficientes globais de conversão de

substrato em células ( $Y_{x/s}$ ), de conversão de substrato em produtos ( $Y_{p/s}$ ), de conversão de célula em produto ( $Y_{p/x}$ ), conversão e produtividade foram determinadas conforme as equações a seguir.

$$V = V_{m\acute{a}x} - K_m * \frac{V}{[S]} \quad (4)$$

$$\mu = \frac{\mu_{m\acute{a}x} * S}{K_m + S} \quad (5)$$

$$Y_{X/S} = \frac{X - X_0}{S_0 - S} \quad (6)$$

$$Y_{P/S} = \frac{P - P_0}{S_0 - S} \quad (7)$$

$$Y_{X/P} = \frac{X - X_0}{P - P_0} \quad (8)$$

$$\text{Convers\~{a}o (\%)} = \frac{P}{S_0 * 0,511} * 100 \quad (9)$$

$$\text{Produtividade } \left(\frac{g}{L} \cdot h\right) = \frac{P}{t} \quad (10)$$

A variável “ $\mu$ ” representa a velocidade da reação (mol/L.h); “ $K_s$ ” é a constante de Monod (mol/L); “ $\mu_{m\acute{a}x}$ ”, a velocidade específica de crescimento ( $h^{-1}$ ); “ $P_0$ ” representa a concentração inicial de etanol experimental (g/L); “ $P$ ” é a concentração final de etanol experimental (g/L); “ $S_0$ ” é a concentração inicial de substrato (g/L); “ $S$ ” é a concentração final de substrato (g/L); “ $X_0$ ” a concentração inicial de células; “ $X$ ” é a concentração final de células e “ $t$ ” é o tempo de fermentação (h).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 FERMENTAÇÃO

O processo fermentativo foi realizado em dois fermentadores com controle de temperatura fixados entre 20º C e 23º C – um contendo o mosto cervejeiro em que uma parte do malte foi substituída por mandioca; outro, puro malte. Os resultados obtidos dos fermentadores estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Parâmetros do processo fermentativo da Cerveja American Pale Ale com Mandioca

Tempo (h)	pH	Concentração de sólidos solúveis (°Brix)	Acidez Total (g/L)	Concentração de células (g/L)	°GL
0	4,95	16,00	2,01	6,67	0,00
12	4,97	15,80	1,47	21,33	0,14
36	4,92	15,60	1,32	30,00	0,80
48	4,92	15,00	1,13	34,66	2,99
72	5,00	14,70	1,08	38,00	3,27
96	5,03	14,50	1,18	38,00	4,31
108	4,84	13,90	1,08	37,33	5,42
132	4,29	10,90	1,18	34,66	6,07
140	4,27	9,00	1,08	33,30	6,11

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

**Tabela 2** – Parâmetros do processo fermentativo da Cerveja American Pale Ale puro malte

Tempo (h)	pH	Concentração de sólidos solúveis (°Brix)	Acidez Total (g/L)	Concentração de células (g/L)	°GL
0	5,05	17,00	8,50	6,67	0,00
12	4,91	16,90	8,45	8,67	0,00
36	4,88	16,20	8,36	16,67	0,52
48	4,94	16,10	8,52	23,33	0,93
72	4,76	15,10	8,72	34,00	2,34
96	4,81	15,00	10,44	40,00	5,87
108	4,32	13,50	9,92	60,00	6,33
132	4,41	11,50	8,93	40,00	6,35
140	4,59	11,50	8,93	33,56	6,35

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Segundo Dato *et al.* (2005), o decaimento da concentração do substrato se deve ao aumento do número de células e o consumo dele por estas, convertendo assim em etanol e outros compostos. Em ambos os casos, pode-se observar o decaimento progressivo da concentração do substrato, tal como o aumento da concentração do produto etanol com o passar do tempo que a fermentação ocorre.

Já o pH, é considerado de suma importância no processo fermentativo e interfere diretamente na reprodução celular (LIMA *et al.* 2001). Além do mais, tanto na cerveja formulada com mandioca quanto na puro malte, foram encontrados valores semelhantes aos descritos como ideais por Aquarone *et al.* (1983), que diz que a faixa de pH entre 3,8 e 4,8 permite uma fermentação alcoólica rápida além de inibir bactérias indesejáveis.

### 3. 2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO PRODUTO FINAL

Os resultados obtidos do produto final estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Parâmetros físico-químicos dos produtos obtidos

Produto	pH	Concentração de sólidos solúveis (°Brix)	°GL	Acidez Total (g/L)
APA com Mandioca	4,26	9,00	6,11	1,05
APA Puro Malte	4,57	11,50	6,35	8,53

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

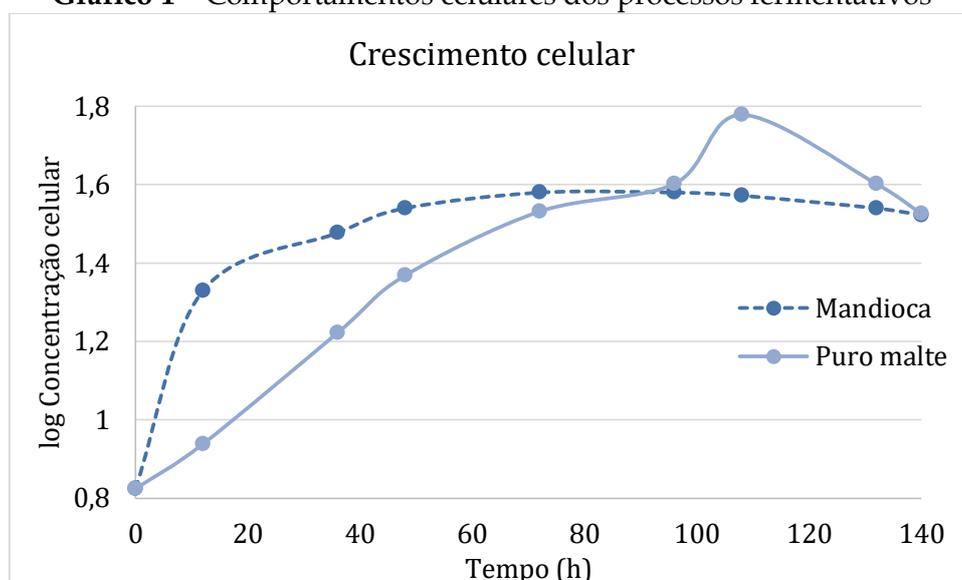
O pH observado em ambos os casos está em acordo com a legislação vigente, uma vez que deve variar entre 4 e 5 (BRASIL,1997). Já para a acidez de ambas, valores estão condizentes aos obtidos por Goiana (2016), que avaliou cervejas do tipo ALE comercializadas, que apresentaram valores de acidez total que varia de 1,05 a 15,87 de acordo com a marca da cerveja analisada.

O teor alcoólico (°GL) apresenta um rendimento ligeiramente maior para a cerveja puro malte que o da cerveja com mandioca, o que se deve à hidrólise do amido da mandioca não ter sido completa, apenas com o aumento da temperatura e a ação biológica induzida pelo malte presente. Segundo Ferreira *et al.* (2013), a melhor forma de se hidrolisar o amido presente seria através de métodos enzimáticos ou por meio de tratamento ácido dele, porém, por se tratar de um alimento que não passará por destilação para separação dos compostos residuais desse processo, não seria viável esse tratamento.

### 3.3 ESTUDO CINÉTICO DA FERMENTAÇÃO

Os resultados quanto aos comportamentos celulares dos processos fermentativos estão dispostos no Gráfico 1.

**Gráfico 1** – Comportamentos celulares dos processos fermentativos



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Andrés-Toro *et al.* (1998) propuseram um modelo cinético para a produção de cerveja, separando o crescimento das leveduras em três fases: fase de adaptação, células ativas e morte celular, considerando as células ativas como os únicos agentes da fermentação.

No caso da cerveja com mandioca, pode-se observar que a fase logarítmica (alta taxa de crescimento celular) ocorre aproximadamente nas primeiras 48 horas, seguida de fase de manutenção entre 48 e 108 horas, em que se inicia a fase de morte celular.

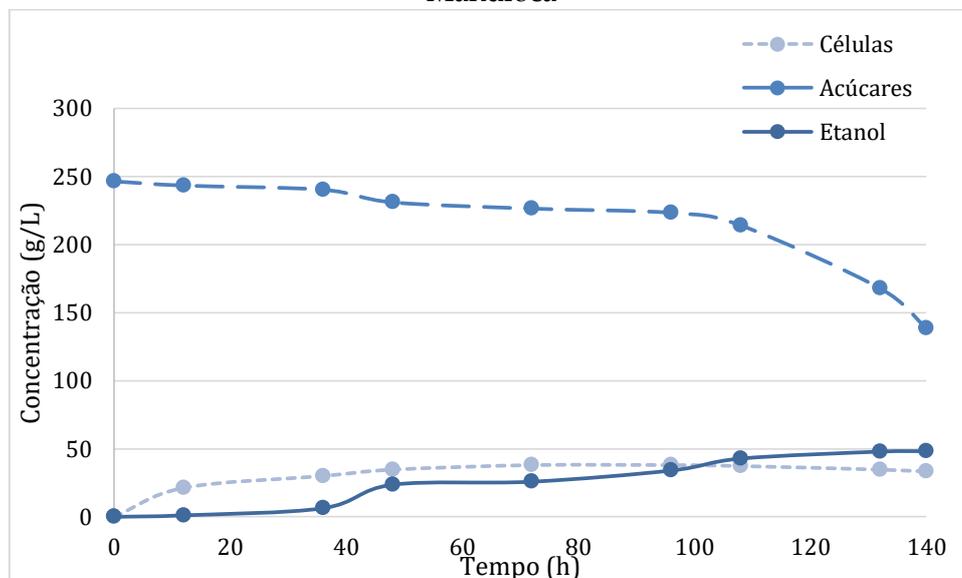
Já para a cerveja puro malte, observa-se uma alta de taxa de crescimento celular até o tempo de 108 horas aproximadamente, não observando a fase de manutenção celular dele, já seguida da fase de morte celular, devido à concentração de etanol no meio fermentativo, tal qual o decaimento da concentração de açúcares no mesmo. Resultados semelhantes foram observados por Andrade (2013),

Em ambos os casos, não foi observada fase de latência do meio de cultivo, o que é uma vantagem, pois diminui o tempo 'morto' do processo fermentativo. Tal fato foi descrito por Silva (2015), devido ao fato das leveduras comerciais apresentarem uma melhor adaptação ao meio, e, com a isso, a inoculação de uma quantidade adequada de leveduras saudáveis é viável e determinante para a redução do período de adaptação e multiplicação das leveduras, proporcionando o início mais rápido da fermentação.

Costa (2017) verificou, durante o processo de fermentação, resultados semelhantes, uma vez que o aumento da contagem de células foi seguida por um declínio de crescimento, caracterizando a morte celular, sem apresentar assim a fase de manutenção delas.

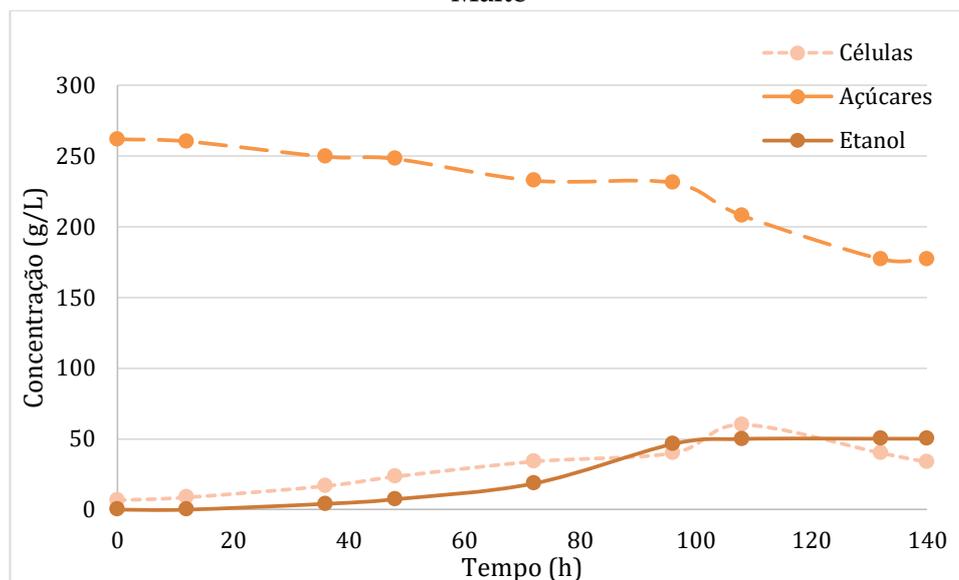
A representação dos parâmetros cinéticos das cervejas em questão estão representados nos Gráficos 2 e 3 respectivamente:

**Gráfico 2** – Cinética do processo fermentativo da cerveja American Pale Ale com Mandioca



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

**Gráfico 3 – Cinética do processo fermentativo da cerveja American Pale Ale Puro Malte**



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

No caso da cerveja com mandioca, pode-se observar que, após aproximadamente 40 horas de fermentação, a conversão do substrato em etanol aumenta de forma significativa, e se mantém com baixa variação até aproximadamente 108 horas de processo. Esse comportamento pode ser explicado pela alta taxa de crescimento celular, seguido da fase de manutenção da mesma, uma vez que a conversão se mantém com baixa variação até a fase de morte das mesmas, o que é explicado por Andrade (2013), devido à inibição do processo fermentativo devido à presença do produto.

Já na cerveja puro malte, pode-se observar uma conversão gradativa dos açúcares até aproximadamente 108 horas, período em que também ocorre o aumento do número de células no sistema fermentativo, seguido de uma queda significativa da concentração do substrato, e um aumento na concentração de produto, o que causa inibição do processo (Andrade, 2013). Os parâmetros cinéticos observados nos processos fermentativos das cervejas estão dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4 – Parâmetros Cinéticos obtidos na cerveja com mandioca e puro malte**

Parâmetros	Mandioca	Puro Malte	Castro (2014)
Conversão (%)	38,31	38,21	39,33
Produtividade (g/L.h)	0,35	0,37	0,39
$Y_{X/S}$	0,24	0,32	0,2443
$Y_{P/S}$	0,44	0,41	0,47
$Y_{X/P}$	0,53	0,53	0,5155
$\mu_{\text{máx}}$ (h <sup>-1</sup> )	0,00003	0,0001	0,0001

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Para a cerveja de mandioca, verificou-se uma conversão de 38,21 % do substrato em produto, assim como uma produtividade de 0,35, e para a cerveja puro malte uma conversão de 38,31 e uma produtividade de 0,37. Valores semelhantes foram observados por Castro (2014), que realizou ensaios utilizando xarope de milho como

adjunto de malte, e com o tempo corrido sobre o processo fermentativo semelhante ao presente trabalho. Observa-se que o rendimento em biomassa ( $Y_{X/S}$ ), que relaciona a quantidade de massa celular produzida em base seca com a quantidade de substrato consumido obtido na fermentação de ambas as bebidas, apresentou resultado superior ao obtido por Castro (2014), que obteve um resultado de 0,2443, o que demonstra um grande consumo de substrato pelas células presentes, encurtando o tempo de fermentação devido ao crescimento celular (PARENTE *et al.*, 2014).

O rendimento de etanol expresso em  $Y_{P/S}$  obtido nas fermentações apresentou resultado próximo ao ideal estabelecido por Gay-lussac, em que cada 1 grama de glicose produz 0,51 gramas de etanol. Em ambos os casos, obtiveram-se valores satisfatórios, uma vez que o valor estabelecido por Gay-lussac é um valor teórico, não alcançado na prática. Castro (2014) obteve valor de 0,47, valor próximo ao observado no presente trabalho, de 0,44 para a cerveja de mandioca e 0,46 para a cerveja puro malte. Tal rendimento pode ser atribuído a uma excelente adaptação das leveduras ao meio.

Observa-se ainda que as velocidades de fermentação obtidas ( $\mu_{máx}$ ) nos dois casos se mostraram inferiores às de Castro (2014), obtidas numa cerveja utilizando xarope de milho como adjunto, e às Ribeiro, Blumer e Horii (1999), que avaliaram diferentes leveduras na fermentação de caldo de cana. Deve-se levar em consideração que vários fatores podem interferir nos parâmetros cinéticos, como as próprias leveduras utilizadas, e fatores como temperatura e concentração do meio (ALMEIDA *et al.*, 2015).

### 3.4 ANÁLISE DE CUSTOS

Efetou-se um estudo para avaliação do custo bruto por litro da produção da cerveja artesanal com mandioca, julgando-se como matéria-prima a mandioca e o malte utilizados na brassagem, água mineral e leveduras. Na Tabela 5, estão dispostos os preços médios de cada matéria-prima e valor total com base na quantidade utilizada em cada um. Os valores observados estão apresentados nas Tabelas 5 e 6:

**Tabela 5** – Estudo econômico da produção de Cerveja com adjunto de Mandioca

Matéria-prima	Valor unitário	Unidade	Quantidade empregada	Total (R\$)
Água mineral	1,33	L	60	79,8
Malte Chateau Pale Ale	10,9	Kg	9	98,1
Mandioca	1,25	Kg	3	3,75
Malte Chateau Cara Ruby	1,49	100 g	0,5	7,45
Malte Best Caramel Hell	1,59	100 g	0,75	11,925
Lúpulo Collumbus	12,9	35g	35	12,9
Lúpulo Centennial	19,9	35g	35	19,9
Lúpulo Amarillo	21,9	90g	90	21,9
Fermento US-05	19,9	Sachê	3	59,7
Whirfloc Tablet	4,9	Pastilha	2	9,8
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>325,225</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

**Tabela 6** – Estudo econômico da produção de cerveja Puro Malte

Matéria Prima	Valor unitário	Unidade	Quantidade empregada	Total (R\$)
Água mineral	1,33	L	60	79,8
Malte Chateau Pale Ale	10,9	Kg	12	130,8
Malte Chateau Cara Ruby	1,49	100 g	0,5	7,45
Malte Best Caramel Hell	1,59	100 g	0,75	11,925
Lúpulo Collumbus	12,9	35g	35	12,9
Lúpulo Centennial	19,9	35g	35	19,9
Lúpulo Amarillo	21,9	90g	90	21,9
Fermento US-05	19,9	sachê	3	59,7
Whirfloc Tablet	4,9	pastilha	2	9,8
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>354,175</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Foram obtidos ao final do processo fermentativo 50 litros de cerveja em ambas as formulações. Efetuando-se a razão de preço por litro de bebida, obtiveram-se os valores de R\$ 6,50 para a receita utilizando mandioca e de R\$ 7,08 para a cerveja puro malte. O valor da cerveja do mesmo tipo varia de R\$ 6,50 a R\$ 32,00 segundo o Empório da Cerveja (2018).

Observando, assim, a utilização da mandioca como adjunto em escala laboratorial é de 0,50 R\$ por litro produzido de cerveja, o que representaria uma economia de cerca de R\$ 500,00 a cada 1000 litros produzidos. Destaca-se ainda que, para a produção em escala industrial, outros fatores e custos devem ser analisados, como mão de obra e gastos energéticos, dentre outros.

#### 4 CONCLUSÃO

A cerveja artesanal do tipo American Pale Ale com adjunto de mandioca apresentou parâmetros físico-químicos dentro dos padrões exigidos pelo Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, que dispõe cervejas e bebidas alcóolicas fermentadas.

A utilização da mandioca como adjunto cervejeiro se mostrou viável, uma vez que os parâmetros cinéticos foram semelhantes aos da cerveja puro malte, os parâmetros físico-químicos se mostraram dentro da legislação vigente e o baixo custo da mandioca, quando comparado ao malte, uma vez que a maioria do malte utilizado na produção nacional de cervejas é importado. Porém, maiores estudos se fazem necessários para a utilização dela em larga escala, tendo em vista o processo de hidrólise do amido, além da aceitação desse produto no mercado.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alexandre Nunes; BRAGAGNOLO, Cassiano; CHAGAS, André Luiz Squarize. **A demanda de vinho no Brasil: elasticidades do consumo das famílias e determinantes da importação**. 2015, 22 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia,

Departamento de Economia, Administração, Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 2015

ANDRADE, Marcelo. **O que é clarificação**. 2013. Disponível em: <https://vinhopormarceloandrade.wordpress.com/2013/07/06/o-que-e-clarificacao-partei/>. Acesso em: 16 maio 2018.

ANDRÉS-TORO, B., *et al.* A Kinetic Model for Beer Production Under Industrial Operational Conditions. **Mathematics and computers in simulation**, v.48, p.65-74, 1998.

AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia industrial**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BRASIL, Portal. **Brasil é o terceiro no ranking mundial de produção de cerveja**. 2017. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/08/brasil-e-o-terceiro-no-ranking-de-producao-mundial-de-cerveja>. Acesso em: 10 out. 2018.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília 05/06/2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20271>. Acesso em: 20 jan. 2018.

BRASIL. Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 5/9/1997, Página 19549.

CASTRO, Orerves Martínez. **Obtenção de Cerveja Super concentrada com a utilização de xarope de milho como adjunto de malte**. 2014. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Departamento de Biotecnologia, Universidade de São Paulo, Lorena, São Paulo, 2014.

CERVBrasil. **Anuário2014**. Disponível em: <http://cervbrasil.org.br/wpcontent/themes/cerv/pdf/anuariofinal2014.pdf>. Acesso em: 25/03/2018.

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25, 2016, Gramado. **XCIGR SECTION IV**. Gramado: Faurgs, 2016. 5 p. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/768.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018

COSTA, Rafaela Teixeira Rodrigues do Vale *et al.* Cinética de produção de bebida mista de mel de abelha e morango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 1, p.90-94, 2017.

D'AVILA, Roseane Farias *et al.* Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Pelotas, v. 2, n. 8, p.60-68, dez. 2012.

DATO, M. C. F.; PIZAURO JÚNIOR, J. M. E.; MUTTON, M. J. R. Analysis of the secondary compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* and wild yeast strains during the production of "Cachaça". **Brasilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 70-74, jan./mar. 2005.

EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>. Acesso em: 19 fev. 2018.

EMBRAPA. 2009. Disponível em <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/abril/2asemana/reuniao-de-cevada-avalia-safra-naamerica-latina/?searchterm=cevada>. Acesso em: 19 fev. 2018.

FERREIRA, Suzane Martins *et al.* Produção de açúcares redutores por hidrólise ácida e enzimática de farinha de arroz. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p.383-390, 2013.

FLORÊNCIO, Isanna Menezes. **Estudo do aproveitamento do lactosoro de coagulação enzimática para fermentação e produção de aguardente**. 2008. 89 f. Dissertação (Pós Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp095267.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

GOIANA, *et al.* Análises físico-químicas de cervejas artesanais Pale Ale comercializadas em Fortaleza. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2016, Gramado. **Anais**. Gramado: FAURGS: 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/768.pdf>. Acesso em 15 de nov. de 2018.

LIMA, Urgel de Almeida *et al.* **Biotechnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2001. v. 3.

PARENTE, Gisleânia D. L. *et al.* Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi 'pérola' e caracterização da bebida. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - RN, v. 9, p.230-247, jun. 2014. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2752/2252>. Acesso em: 10 mar. 2018.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of brewing**. New York, Taylor & Francis Group, 2006.

RIBEIRO, C. A. F.; BLUMER, S. A. G.; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira**. Piracicaba. Texto para aula. v. 2, p. 7-25, 1999. Apostila.

SILVA, David. **Fermentação cervejeira**. 2015. Disponível em: [http://www.condadodacerveja.com.br/aprenda-sobre-o-processo-de-fermentacao/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss](http://www.condadodacerveja.com.br/aprenda-sobre-o-processo-de-fermentacao/?utm_source=rss&utm_medium=rss). Acesso em: 18 out. 2018.

SLEMER, O. **Os prazeres da cerveja**. São Paulo: Makron books do Brasil, 1996.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. Fermentação alcoólica de raízes tropicais. *In*: M. P. CEREDA; O. F. VILPOUX (org.), **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2004. p. 530-537.