

## ESTUDO DO PROCESSO FERMENTATIVO DE BEBIDAS ALCOÓLICAS DE MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes)

F. L. C. ALMEIDA<sup>1</sup>, E. N. A. OLIVEIRA<sup>2</sup>, E. C. ALMEIDA<sup>3</sup>, M. O. SILVA<sup>4</sup>, L. F. S. ARAUJO<sup>5</sup>, L. N. SILVA<sup>6</sup>, R. V. C. DANTAS<sup>7</sup>, I. L. B. POLARI<sup>8</sup>

Universidade Federal da Paraíba<sup>1,3-8</sup>, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte<sup>2</sup>

lu.caschaves@hotmail.com<sup>1</sup>

Submetido 20/05/2019 - Aceito 29/04/2020

DOI: 10.15628/holos.2020.8961

### RESUMO

A mangaba apresenta grande potencial para elaboração de fermentados alcoólicos, sendo de extrema importância o acompanhamento do processo fermentativo para obtenção de fermentados, assim como de outras bebidas. Assim, objetivou-se acompanhar e avaliar o processo cinético de fermentação e os parâmetros fermentativos de bebidas fermentadas de mangaba. Foram elaboradas quatro formulações de fermentados, com variação do teor de sólidos solúveis inicial e concentração de leveduras, conforme etapas e concentrações descritas no processo de pedido de patente BR 10 2018 075834 9. Durante a fermentação, retirou-se alíquotas para o acompanhamento da cinética

de fermentação e parâmetros fermentativos. Verificou-se que o comportamento cinético, com exceção do tempo de fermentação, não sofreu interferência pelas variáveis estudadas e que a formulação 3 (maior teor de sólidos solúveis e menor concentração de levedura) e formulação 4 (maior teor de sólidos solúveis e maior concentração de levedura) apresentaram melhores resultados, principalmente, no tocante ao teor alcoólico, concentração de etanol experimental e teórico, rendimento de processo e de produto. Concluiu-se que não houve diferença no comportamento cinético, mas existiu nos parâmetros fermentativos das bebidas de mangaba.

**PALAVRAS-CHAVE:** fermentação, sólidos solúveis totais, concentração de leveduras, *Saccharomyces cerevisiae*

## STUDY OF THE FERMENTATION PROCESS OF MANGABA (*Hancornia speciosa* Gomes) ALCOHOLIC BEVERAGES

### ABSTRACT

Mangaba presents great potential for the elaboration of alcoholic beverages, being extremely important the accompaniment of the fermentation process to obtaining these beverages. Thus, this work aimed to monitor and evaluate the kinetic process of fermentation and fermentative parameters of fermented mangaba drinks. Four beverages formulations were prepared with variation of the initial soluble solids content and yeast concentration according to steps and concentrations described in the patent application process BR 10 2018 0758349. It was verified

that the kinetic behavior, with the exception of the fermentation time, didn't interfere in the studied variables, and that formulation 3 (higher content of soluble solids and less concentration of yeast) and formulation 4 (higher content of soluble solids and higher concentration of yeast) presented better results mainly in relation to alcohol content, experimental and theoretical ethanol concentration, process yield and product. It concluded that there was no difference in the kinetic behavior, but there were in the fermentative parameters of mangaba drinks.

**KEYWORDS:** fermentation, total soluble solids, yeast concentration, *Saccharomyces cerevisiae*

## 1 INTRODUÇÃO

A mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) é uma fruta rica nutricionalmente, com um grande teor de sólidos solúveis totais; 0,7% de proteínas; pró-vitamina A, vitamina B1, B2 e C e elevados teores de ferro, o que dar destaque a essa fruta no tocante à quantidade desse nutriente se comparado com as demais. De forma geral, o fruto é composto de 77% de polpa, 11% de casca e 12% de semente (Hansen, 2011; Assumpção et al., 2013; Lima, 2015).

Tendo em vista essa rica composição nutricional e o alto teor de polpa, a mangaba apresenta um grande potencial para o processamento de alimentos, tais como, doces, geleias, sucos e bebidas alcoólicas. No tocante a essa última, há então a possibilidade de elaboração de fermentado alcoólico que, segundo a legislação, é a bebida alcoólica que apresenta graduação alcoólica entre 4 e 15 % (v/v) de álcool obtida a partir da fermentação de frutas sãs, não sendo essa a uva, já que quando obtido a partir de uva é denominado vinho (Brasil, 2009).

No processo de fermentação, os açúcares presentes na fruta e/ou adicionados são convertidos em etanol, CO<sub>2</sub> e outros componentes secundários pela ação fermentativa das leveduras capazes de realizar esse processo. No entanto, fatores como matéria-prima, temperatura, pH, acidez, nutrientes, presença de oxigênio, entre outros podem afetar esse processo, fazendo-se necessário um efetivo controle higiênico-sanitário e de qualidade (Steinle, 2013; Cancelier et al., 2013; Dantas, 2015).

No decorrer da fermentação, além da formação dos componentes primários (etanol, glicerol e ácido acético), há formação de compostos secundários, tais como acetona, acetato de etila, metanol e acetaldeído (etanal) que é produzido a partir dos aminoácidos presentes no meio e pela oxidação do etanol, entre outros compostos como ésteres, aldeídos, álcoois superiores e ácidos orgânicos (Torres-Neto et al., 2006; Venturini-Filho, 2010).

O estudo do processo cinético e fermentativo é de extrema importância, uma vez que, permite o conhecimento básico sobre o processo. Dentro desse estudo, visa-se principalmente acompanhar a utilização do substrato e produção de compostos a partir desses substratos. No caso de bioprocessos com utilização de leveduras, objetiva-se também observar o crescimento celular e o impacto dos compostos formados no decorrer do tempo nesses microrganismos e em sua ação (Ferrari, 2013). Assim, de forma resumida, o estudo do processo fermentativo visa analisar a evolução dos valores da concentração de componentes presentes no mosto, sendo eles: o micro-organismo (levedura – X), os produtos do metabolismo (álcoois – P) e os substratos (açúcares – S); em função do tempo em que ocorre a fermentação (Hiss, 2001).

Dantas (2016) relata que a taxa de fermentação muda constantemente à medida que o substrato é consumido e o produto é formado, tornando a cinética de fermentação alcoólica um estudo complexo. Neste contexto, o presente trabalho objetivou acompanhar e avaliar o processo cinético e os parâmetros fermentativos de bebidas alcoólicas fermentadas de mangaba.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Mangaba

A mangabeira, planta frutífera com porte variando entre 4 e 10 m de altura, podendo raramente chegar até 15 m, pertencente à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Gentianales*, família

*Apocynaceae*, gênero *Harcornia* e à espécie *Harcornia speciosa*, é uma planta nativa do Brasil. De acordo com relatos de estudiosos, o nome “mangaba” é originário da língua tupi guarani e significa “coisa boa de comer” (FERREIRA, 2007; ASSUMPÇÃO et al., 2014). A mangabeira pode ser encontrada em toda a região brasileira, desde os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas do Nordeste, onde é mais abundante, até as áreas sob Cerrado da Região Centro-Oeste. Também se encontra nas regiões Norte e Sudeste (HANSEN, 2011).

Em relação à floração e frutificação dessa espécie, varia muito de uma região para outra, no entanto, na maioria das regiões há coleta dos frutos no período de novembro a abril (LIMA, 2010). Na Paraíba, a safra ocorre entre os meses de outubro a janeiro (BRASIL, 2014). A mangaba apresenta-se como uma baga elipsoide ou esférica, de cor amarela ou esverdeada, com ou sem pigmentação vermelha, polpa branca, suculenta, adocicada, muito aromática e com potencial para ser empregada na elaboração de produtos (LIMA, 2015).

O ponto ideal de colheita da fruta é difícil de ser determinado, já que não apresenta grandes variações visíveis entre o estágio de maturação verde e maduro. No máximo que se observa, é que as frutas da caatinga quando maduras ou semi-maduras (de vez) apresentam manchas avermelhadas, polpa macia e uma tonalidade amarelada. No entanto, as variedades do cerrado não apresentam nem mesmo essas características. Esse fato dificulta muito a exploração da cultura, pois o fruto maduro tem melhor sabor e menor teor de látex, no entanto, há essa dificuldade de identificação (PERFEITO et al., 2015).

Em algumas regiões, partes dessa planta são utilizadas na medicina popular (SANTOS et al., 2017a) principalmente como anti-hipertensivo, antidiabético, tratamento para obesidade, quimiopreventivo, anti-inflamatório e antioxidante. Muitos desses efeitos são constantemente demonstrados em pesquisas de diversos grupos (PEREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2016).

## 2.2 Fermentação Alcoólica

Os processos fermentativos já eram utilizados pelo homem desde a antiguidade na conservação de alimentos e na produção de bebidas, ainda que de forma inconsciente, uma vez que era desconhecida a existência de microrganismos (FERRI e SAGGIN, 2014). Os Egípcios, a mais de 4000 anos já fabricavam pães e bebidas alcoólicas a partir de frutas e cereais (LIMA et al., 2001).

Posteriormente, Antonie van Leewenhoek (1632-1723) fez estudos de observação da fermentação de cervejas com seu microscópio rudimentar. Em seguida, com a formulação da lei da estequiometria da fermentação por Gay-Lusac (1815), Pasteur (1863) explicou o processo fermentativo como sendo de origem anaeróbica (LIMA et al., 2001).

A fermentação foi oficialmente descoberta no ano de 1897 por Eduard Buchner estudando extratos de células de leveduras. Diz-se então que “fermentação” é um termo geral para a degradação anaeróbia da glicose ou de outros nutrientes orgânicos para obtenção de energia, conservada como Adenosina Trifosfato- ATP. A fermentação alcoólica por sua vez é uma das rotas metabólicas da degradação do piruvato formado na glicólise, já que o piruvato pode ser oxidado e adentrar no ciclo do Krebs (em aerobiose), reduzido a lactato por meio da fermentação láctica (baixa concentração de oxigênio) ou pode ser convertido em etanol por meio da fermentação etanólica ou alcoólica (baixa pressão de oxigênio ou anaerobiose) (NELSON e COX, 2014).

A fermentação alcoólica é utilizada na panificação, em cervejarias e destilarias entre outras áreas. Relacionado à produção de bebidas alcoólicas, é utilizada na fabricação de bebidas fermentadas (cervejas e vinhos) e fermento-destiladas (rum, vodca, aguardentes, uísque entre outras) (GAVA, 1984; FRANCO, 2008).

### 2.3 Fermentado Alcoólico de Frutas

O primeiro relato, com base em evidências arqueológicas, que se encontra na história de produção de fermentados é de milhares de anos atrás, quando em 8000 anos antes de Cristo produziu-se na região de Geórgia e Armênia, onde hoje se encontra a Turquia, o primeiro fermentado de frutas, sendo esse derivado da uva e por isso conhecido como vinho, nome que permanece até hoje. Na Grécia e Roma, os moradores adoravam a Dionísio e Baco, que eram conhecidos como os Reis do Vinho para as respectivas civilizações (LIMA e MELO-FILHO, 2011). A produção estende-se até hoje, com diversas outras frutas, além da uva.

Assim, entende-se por fermentado de frutas a bebida com graduação alcoólica de 4 a 14% (v/v) de álcool, a vinte graus Celsius, obtida pela fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura de uma única espécie, do respectivo suco integral ou concentrado, ou polpa, que poderá nesses casos, ser adicionado de água. E, no tocante à nomenclatura, deve ser nomeado como: Fermentado de fruta de “nome da fruta” utilizada para obtenção do produto (BRASIL, 2009).

A portaria de nº 64, de 23 de abril de 2008 (BRASIL, 2008) estabelece os parâmetros para fermentado alcoólico de fruta (Tabela 1).

**Tabela 1- Limites preconizados pela Portaria de nº 64 (BRASIL, 2008) para fermentado alcoólico de frutas**

| Parâmetros                           | Limites |
|--------------------------------------|---------|
| Graduação alcoólica, em % v/v a 20°C | 4 – 14  |
| Acidez total (meq/L)                 | 50 –130 |
| Acidez fixa (meq/L)                  | Min. 30 |
| Acidez volátil (meq/L)               | Máx. 20 |
| Extrato seco reduzido (g/L)          | Min. 7  |

Fonte: Brasil, 2008

A fabricação do fermentado alcoólico de frutas assemelha-se à produção de vinho, ou seja, do fermentado de uva, tendo duas diferenças básicas: os açúcares e compostos voláteis de outras frutas apresentam maior dificuldade de extração do que os da uva e os sucos da maioria das frutas apresentam baixos teores de açúcares e altos teores de ácidos. No entanto, autores relatam ainda que há a possibilidade de resolver esses problemas com o picote e prensagem das frutas para uma extração mais efetiva e adição de água para diluição dos ácidos e posterior adição de açúcar para corrigir a deficiência apresentada (AMERINE e OUGH, 1980; BERTAGNOLLI, 2014).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Elaboração das bebidas

Os fermentados de mangaba foram elaborados no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Bebidas Fermento-Destiladas- LABEB do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias- CCHSA da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, seguindo as formulações da Tabela 2 e o procedimento descrito no processo de pedido de patente BR 10 2018 075834 9.

Tabela 2- Formulações das bebidas fermentadas alcoólicas de mangaba

| Formulação   | Sólidos Solúveis (°Brix)       | Concentração de Levedura       |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Formulação 1 | Menor Teor de Sólidos Solúveis | Menor Concentração de Levedura |
| Formulação 2 | Menor Teor de Sólidos Solúveis | Maior Concentração de Levedura |
| Formulação 3 | Maior Teor de Sólidos Solúveis | Menor Concentração de Levedura |
| Formulação 4 | Maior Teor de Sólidos Solúveis | Maior Concentração de Levedura |

Fonte: Própria do autor.

### 3.2 Cinética de fermentação e Parâmetros Fermentativos

Durante o processo fermentativo, procedeu-se o acompanhamento da cinética de fermentação das bebidas, durante a qual avaliou-se os parâmetros: sólidos solúveis totais (°Brix) por refratometria em refratômetro digital modelo HI 96801, teor alcoólico teórico com base na Equação (1), acidez total titulável por titulometria, com NaOH 0,1N padronizado, e pH por potenciometria em pHmetro modelo AC-100, segundo as normas do IAL (2008). Estudou-se também a relação dos sólidos solúveis totais e acidez, o *ratio*. As análises foram realizadas em triplicata, com intervalos de 60 minutos entre si.

$$AT = (°\text{Brix Inicial} \times 0,90) - °\text{Brix Final} \quad (1)$$

$$GL = AT/1,8$$

Em que:

AT - Açúcares totais;

0,90 - Porcentagem de açúcar presente em 1 °Brix;

1,8 - Quantidade de açúcar necessário para se obter 1°GL (v/v).

Também foram calculados os parâmetros fermentativos utilizando-se os dados das variáveis de entrada e saída do processo conforme segue:

- Concentração de sacarose inicial (substrato) conforme Equação (2), segundo Torres-Neto et al. (2006);

$$S_0 \text{ (g.L}^{-1}\text{)} = 10,13 \times \text{SST} + 1,445 \quad (2)$$

Em que:

SST - Sólidos solúveis total (°Brix) inicial

- Rendimento do processo conforme Equação (3), segundo Oliveira et al. (2011);

$$\eta \text{ (\%)} = \frac{Q_{\text{EXP}}}{Q_{\text{TEO}}} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

$Q_{\text{EXP}}$  - Concentração de etanol experimental =  $0,7895(\text{g/mL}) \times (°\text{GL}/100)$ ;

$Q_{TEO}$  - Concentração de etanol teórico = Quantidade de açúcares consumidos  $\times$  0,511 (Fator determinado pela estequiometria da reação).

- Rendimento em produto (etanol) conforme Equação (4), segundo Pavlak et al. (2011);

$$Y_{P/S} \left( \frac{g}{g} \right) = \frac{P_F - P_0}{S_0 - S_F} \quad (4)$$

Em que:

$S_F$  - Concentração final de substrato (g/100g);

$S_0$  - Concentração inicial de substrato (g/100g);

$P_F$  - Concentração final de produto (g/100g);

$P_0$  - Concentração inicial de produto (g/100g);

- Produtividade em produto ( $P_p$ ) conforme Equação (5), segundo Oliveira et al. (2011);

$$P_p \left( \frac{g}{L \cdot h} \right) = \frac{Q_{EXP}}{t} \quad (5)$$

Em que:

$Q_{EXP}$  - Concentração de etanol experimental =  $0,7895(g/mL) \times (^{\circ}GL/100)$ ;

$t$  - Tempo total de fermentação (h);

- Produtividade em biomassa ( $P_x$ ) conforme Equação (6), segundo Bessa et al. (2018);

$$P_x \left( \frac{g}{L \cdot h} \right) = \frac{X_F - X_0}{t} \quad (6)$$

Em que:

$X_F$  - Concentração celular final (g matéria seca.L<sup>-1</sup>);

$X_0$  - Concentração celular inicial (g matéria seca.L<sup>-1</sup>);

$t$  - Tempo total de fermentação (h);

- Consumo de substrato na fermentação conforme Equação (7), segundo Bessa et al. (2018);

$$S_c (\%) = \frac{S_F - S_0}{S_0} \times 100 \quad (7)$$

Em que:

$S_0$  - Açúcares redutores totais no início da fermentação (substrato) (%)

$S_F$  - Açúcares redutores totais no final da fermentação (substrato) (%)

- Velocidade de consumo de substrato conforme Equação (8), segundo Bessa et al. (2018);

$$r_s \text{ (g/L.h)} = \frac{S_F - S_0}{t} \quad (8)$$

Em que:

- $S_F$  - Concentração final de substrato ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $S_0$  - Concentração inicial de substrato ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $t$  - Tempo total de fermentação (h).

- Velocidade específica de consumo de substrato ( $\mu_s$ ) conforme Equação (9), adaptada de Bessa et al. (2018);

$$\mu_s \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \text{h} \right) = -\ln(S_F/S_0) / t \quad (9)$$

Em que:

- $S_F$  - Concentração substrato final ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $S_0$  - Concentração substrato inicial ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $t$  - Tempo total de fermentação (h);

- Velocidade específica de crescimento celular ( $\mu_x$ ) conforme Equação (10), segundo Stroppa et al. (2009);

$$\mu_x \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \text{h} \right) = \ln(X_F/X_0) / t \quad (10)$$

Em que:

- $X_F$  - Concentração celular final (g matéria seca. $\text{L}^{-1}$ );
- $X_0$  - Concentração celular inicial (g matéria seca. $\text{L}^{-1}$ );
- $t$  - Tempo total de fermentação (h);

- Velocidade específica de formação de produto ( $\mu_p$ ) conforme Equação (11), segundo Bessa et al. (2018);

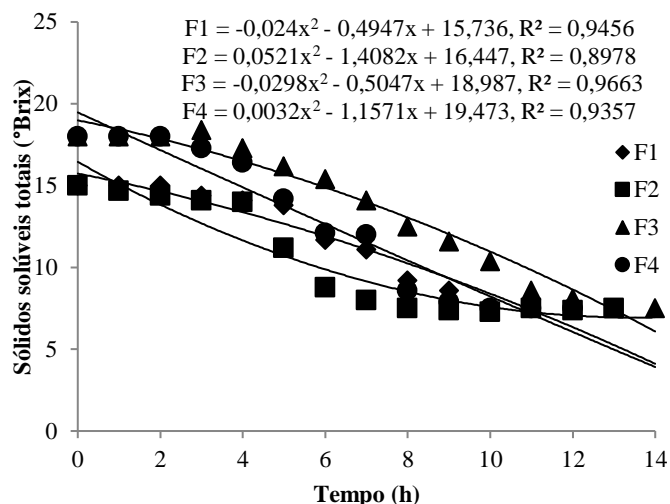
$$\mu_p \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot \text{h} \right) = \ln(P_F/P_0) / t \quad (11)$$

Em que:

- $P_F$  - Concentração etanol final ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $P_0$  - Concentração etanol inicial ( $\text{g.L}^{-1}$ );
- $t$  - Tempo total de fermentação (h);

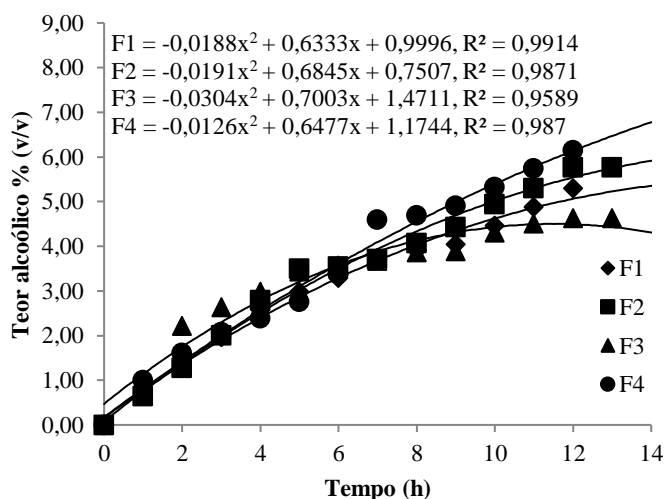
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2, encontram-se demonstrados os comportamentos cinéticos dos sólidos solúveis totais e do teor alcoólico experimental durante o processo de fermentação.



**Figura 1 – Comportamento cinético para o parâmetro de sólidos solúveis durante a fermentação das bebidas alcoólicas mangaba**

F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura



**Figura 2 – Comportamento cinético para o parâmetro de teor alcoólico durante a fermentação das bebidas alcoólicas mangaba**

F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura

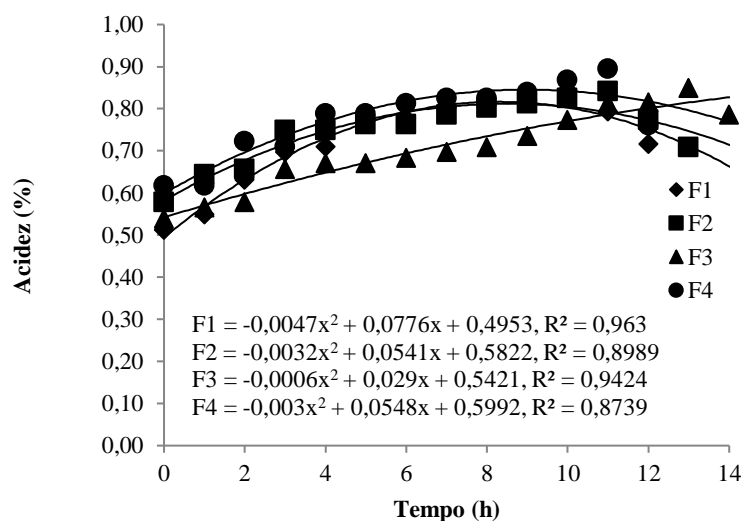
Percebe-se que o teor de sólidos solúveis totais já nas primeiras horas começou a decrescer e, juntamente com o decréscimo desses sólidos, nesse caso, principalmente os açúcares (sacarose e glicose) o teor alcoólico começa a se elevar. Isso é resultado do fato de que as leveduras consomem esses carboidratos e, como consequência, no caso da fermentação alcoólica, a predominante no fermentado, há a produção principalmente de etanol, que é um álcool e de CO<sub>2</sub>.

Ao final do processo, o qual foi interrompido quando houve a estabilização dos valores de teor de sólidos solúveis totais, demonstrando, assim, que não havia mais presença de açúcares fermentescíveis, percebeu-se que todas as formulações estacionaram em 7,5 °Brix. Já para o teor



alcoólico teórico, os valores finais ficaram próximos: 6,33% (F<sub>1</sub>), 6,44% (F<sub>2</sub>), 5,63% (F<sub>3</sub>) e 7,16% (F<sub>4</sub>). Na literatura, muitos autores como Araújo et al. (2011), Silva et al. (2011), Cabrera et al. (2012), Li et al. (2012) observaram o mesmo que foi constatado por esta pesquisa que, com a redução do teor de sólidos solúveis totais, houve elevação do teor alcoólico, mesmo esse sendo de forma experimental, comportando-se, assim, semelhantemente ao teórico calculado nesse trabalho.

Na Figura 3, encontra-se demonstrado o comportamento cinético da acidez durante o processo de fermentação.

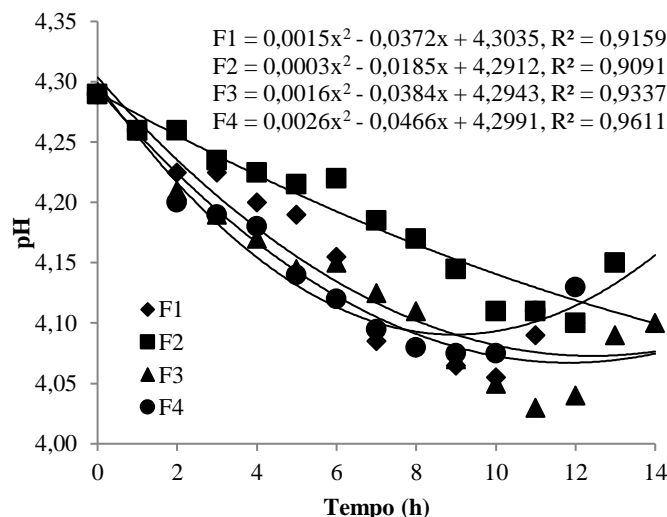


**Figura 3 - Comportamento cinético para o parâmetro de acidez durante a fermentação das bebidas alcoólicas mangaba**

F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura

Em relação à acidez, percebe-se que, nas primeiras horas de fermentação, houve um aumento do teor de acidez para todas as formulações. Esse comportamento já era esperado devido ao fato de que, mesmo o produto final da fermentação sendo o etanol, podem ocorrer desvios metabólicos e, durante esses desvios, pode haver a produção de ácidos, principalmente ácidos orgânicos como o ácido acético, produto da fermentação acética. Percebe-se ainda que, nas últimas horas de fermentação, há um pequeno decréscimo nos teores de acidez, exceto em F<sub>3</sub>, isso pode ter sido ocasionado pela quebra de algumas das moléculas de ácidos orgânicos.

Na Figura 4, encontra-se demonstrado o comportamento cinético do pH durante o processo de fermentação.



**Figura 4 - Comportamento cinético para o parâmetro de pH durante a fermentação das bebidas alcoólicas mangaba**

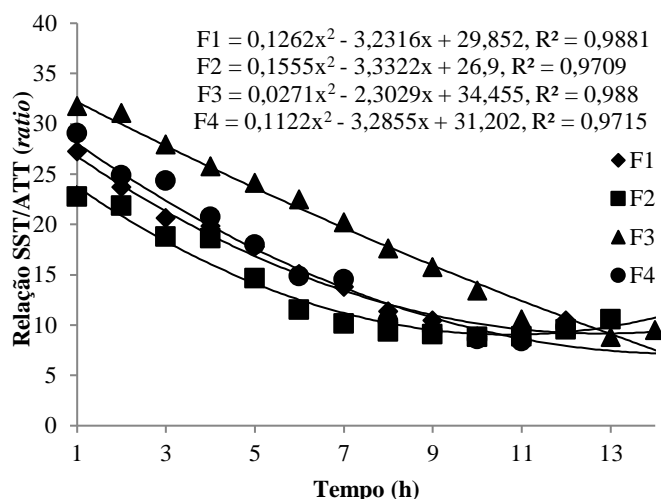
F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura

O pH, por sua vez, inversamente interligado à acidez, apresenta, devido ao aumento de ácidos no meio, uma redução nas primeiras horas, sendo que nas últimas horas, com a leve queda da acidez, há um aumento dos valores de pH, com exceção mais uma vez de F<sub>3</sub> que, como a acidez continua aumentando, o pH continua decrescendo. Ainda, verifica-se que o pH com maior aumento é de F<sub>2</sub> que teve maior diminuição na acidez. Isso pode ter ocorrido justamente devido à quebra de algum dos ácidos formados, ou perda por volatilização, devido alguns ácidos serem de pequeno peso molecular e fácil volatilização, como o ácido acético, advindo da fermentação acética, uma das principais rotas metabólicas que acontecem nas bebidas, quando ocorrem desvios da fermentação alcoólica.

Ao final da fermentação, percebe-se que a acidez variou no início da fermentação dos valores de 0,51% (F<sub>1</sub>), 0,58% (F<sub>2</sub>), 0,54% (F<sub>3</sub>) e 0,62% (F<sub>4</sub>) para 0,72% (F<sub>1</sub>), 0,71% (F<sub>2</sub>), 0,79% (F<sub>3</sub>) e 0,76% (F<sub>4</sub>), ao final. Já o pH, variou de 4,29, em todas as formulações, para 4,10 (F<sub>1</sub> e F<sub>3</sub>), 4,15 (F<sub>2</sub>) e 4,13 (F<sub>4</sub>)

Santos et al. (2017b), Silva et al. (2017), Duarte et al. (2018a) e Duarte et al. (2018b) perceberam comportamento similar ao desta pesquisa (elevação da acidez e redução do pH) em seus estudos com fermentado de acerola, de abacaxi, de melancia e de banana nanica, respectivamente.

Na Figura 5, encontra-se demonstrado o comportamento cinético da Relação SST/ATT (*ratio*) durante o processo de fermentação.



**Figura 5- Comportamento cinético para o parâmetro da Relação SST/ATT (*ratio*) durante a fermentação das bebidas alcoólicas mangaba**

F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura

Sobre a relação SST/ATT (*ratio*) pode-se constatar que, como esperado, à medida que os sólidos solúveis totais fossem consumidos e a acidez elevasse, a sensação de doçura do produto representado por esse parâmetro, tivesse uma redução, uma vez que isso se dar pela relação sólidos solúveis totais/ acidez titulável. Percebe-se aqui mais uma vez que, nas horas finais, os valores de *ratio* têm um leve aumento, isso novamente devido à redução da acidez. No entanto, mais uma vez, por não apresentar essa redução da acidez como as demais formulações, o *ratio* de F<sub>3</sub> continuou decrescendo. Transcorrida a fermentação, os valores para esse parâmetro oscilaram de 29,22 (F<sub>1</sub>), 25,90 (F<sub>2</sub>), 33,36 (F<sub>3</sub>) e 29,10 (F<sub>4</sub>) para 10,46 (F<sub>1</sub>), 10,57 (F<sub>2</sub>), 9,53 (F<sub>3</sub>) e 9,85 (F<sub>4</sub>).

Além do acompanhamento da cinética de fermentação, calculou-se também os parâmetros fermentativos, os quais se encontram na Tabela 3. Calzetta et al. (2014) relata que os parâmetros fermentativos são importantes no desenvolvimento das leveduras, pois determinam quais são as melhores condições de tratamento a serem desenvolvidas mantendo um produto economicamente viável e estabilizado para sua produção em larga escala.

Observa-se que a concentração celular inicial (X<sub>0</sub>), já determinada nas formulações do experimento, está totalmente interligada com a concentração celular final (X<sub>F</sub>), na qual os maiores valores encontram-se justamente nas formulações que apresentavam, inicialmente, uma concentração maior, F<sub>2</sub> e F<sub>4</sub>. Mas, pode-se observar também que, mesmo com uma concentração inicial menor, a F<sub>3</sub> demonstrou resultados próximos a F<sub>2</sub> e F<sub>4</sub>, o que pode estar associado à presença de maior quantidade de substrato que, na fase log, ainda com presença de oxigênio, pode ter propiciado uma maior propagação da levedura se comparado com F<sub>1</sub>.

Tabela 3- Parâmetros fermentativos para os fermentados alcoólicos de mangaba

| Parâmetros   | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>4</sub> |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| X <sub>0</sub> (g m.s. L <sup>-1</sup> )             | 20             | 30             | 20             | 30             |
| X <sub>F</sub> (g m.s. L <sup>-1</sup> )             | 76,13          | 81,95          | 80,44          | 81,44          |
| S <sub>0</sub> (g. L <sup>-1</sup> )                 | 153,40         | 153,40         | 183,79         | 183,79         |
| TA (g. L <sup>-1</sup> )                             | 5,7            | 5,7            | 7,3            | 7,7            |
| Q <sub>EXP</sub> (g.mL <sup>-1</sup> )               | 4,50           | 4,50           | 5,76           | 6,08           |
| Q <sub>TEO</sub> (%)                                 | 3,96           | 3,61           | 4,02           | 4,09           |
| η (%)  | 113,78         | 124,56         | 143,49         | 148,71         |
| Y <sub>P/S</sub> (g. g <sup>-1</sup> )               | 0,58           | 0,64           | 0,73           | 0,76           |
| P <sub>P</sub> (g. L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) | 3,46           | 4,09           | 4,43           | 5,53           |
| P <sub>X</sub> (g. L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) | 4,32           | 4,72           | 4,65           | 4,68           |
| S <sub>C</sub> (%)                                   | 66,04          | 60,32          | 64,96          | 66,12          |
| R <sub>S</sub> (g. L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) | 0,60           | 0,64           | 0,60           | 0,73           |
| μ <sub>S</sub> (h)                                   | 0,52           | 0,44           | 0,50           | 0,32           |
| μ <sub>X</sub> (h)                                   | 0,103          | 0,091          | 0,107          | 0,091          |
| μ <sub>P</sub> (h)                                   | 1,24           | 1,41           | 1,49           | 1,71           |

F<sub>1</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>2</sub> –Menor Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; F<sub>3</sub> – Maior Teor de Sólidos Solúveis/Menor Concentração de Levedura; F<sub>4</sub>– Maior Teor de Sólidos Solúveis/Maior Concentração de Levedura; X<sub>0</sub>- Concentração celular inicial; X<sub>F</sub> - Concentração celular final; S<sub>0</sub>– Concentração de sacarose inicial; TA- Teor alcoólico; Q<sub>EXP</sub>- Concentração de etanol experimental; Q<sub>TEO</sub>- Concentração de etanol teórico; η - Rendimento/eficiência do processo; Y<sub>P/S</sub> - Rendimento em produto (etanol); P<sub>P</sub> - Produtividade em produto; P<sub>X</sub> -Produtividade em biomassa; S<sub>C</sub> - Consumo de substrato; R<sub>S</sub> - Velocidade de consumo de substrato; μ<sub>S</sub> - Velocidade específica de consumo de substrato; μ<sub>X</sub> - Velocidade específica de crescimento celular;; μ<sub>P</sub> - Velocidade específica de formação de produto.

A concentração de sacarose inicial ( $S_0$ ) encontra-se diretamente ligada ao teor de sólidos solúveis totais, uma vez que espera-se que quanto maior a quantidade de sólidos solúveis totais, maior seja a quantidade de sacarose. Esse fator associa-se diretamente ao teor alcoólico (TA), já que quanto maior a quantidade de sacarose, maior a quantidade de substrato para o metabolismo das leveduras e, conseqüentemente, maior produção de álcool, elevando, assim, o teor alcoólico.

Os valores de concentração de etanol experimental ( $Q_{EXP}$ ) corroboraram com os encontrados para concentração de etanol teórico ( $Q_{TEO}$ ), o que já era esperado, uma vez que para o cálculo do primeiro leva-se em consideração o teor alcoólico que é obtido a partir do metabolismo anaeróbico da levedura que utiliza os açúcares como substratos, e o segundo leva em consideração justamente os açúcares consumidos durante o processo. A diferença numérica presente, se comparado o valor experimental ao teórico, dentro da mesma formulação, dá-se justamente devido aos desvios nas rotas metabólicas e, com isso, formação de outros produtos diferentes do etanol, como os ácidos orgânicos.

Constata-se que o rendimento/eficiência ( $\eta$ ) do processo foi superior a 100% em todas as formulações, ganhando destaque para  $F_3$  e  $F_4$ , devido ao maior teor de etanol experimental produzido, influenciado diretamente pelo fato da concentração inicial de sólidos solúveis.

No tocante ao rendimento em produto ( $Y_{P/S}$ ) têm-se resultados que cresceram proporcionalmente a  $Q_{EXP}$ . Esperava-se esse comportamento devido à questão que esse parâmetro associa, justamente, a variação de produto com a variação de substrato consumido, ou seja, a quantidade de açúcares totais consumidos, que não apresentaram grande variação entre as formulações. Para produtividade em produto ( $P_p$ ), devido não ter acontecido oscilação representativa no tempo de fermentação, obteve-se resultados diretamente relacionados a  $Q_{EXP}$ , estando os maiores valores encontrados para  $F_3$  e  $F_4$ , principalmente pela maior quantidade inicial de sólidos solúveis totais.

Campos (2011), trabalhando com aguardente de mel, obteve variação de 28,43% a 91,96% para  $\eta$ ; 0,15 g. g<sup>-1</sup> a 0,47 g. g<sup>-1</sup> para  $Y_{P/S}$  e 0,27 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 0,87 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para  $P_p$ . Calzetta et al. (2014) constataram valores de 82,49% ( $\eta$ ); 0,42 g. g<sup>-1</sup> ( $Y_{P/S}$ ) e 0,110 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 0,296 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ( $P_p$ ), estudando vinhos de uva da cultivar rubi. Fernandes (2016) demonstra valores de 95,97% e 98,95% ( $\eta$ ); 0,50 g. g<sup>-1</sup> e 0,49 g. g<sup>-1</sup> ( $Y_{P/S}$ ) e 0,67 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> e 0,39 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ( $P_p$ ) para fermentados alcoólicos de físalis e pitaia, respectivamente. Sendo todos os resultados encontrados pelos autores, inferiores aos da presente pesquisa.

Diferentemente da  $P_p$ , a Produtividade em Biomassa ( $P_x$ ) não está relacionada aos sólidos solúveis ou produção de álcool, mas sim ao desenvolvimento das leveduras, e percebe-se que os maiores valores encontram-se em  $F_2$  e  $F_4$ , influenciados diretamente por  $X_0$ , ou seja, com maior concentração inicial de leveduras. Se confrontados os dados, dentro das formulações que apresentavam  $X_0$  igual, pode-se observar, a partir dos resultados de  $P_p$ , a efetividade das fases lag e log da curva de crescimento microbiano nos fermentados, uma vez que toda a levedura restante ao final do processo é advinda do processo de propagação da quantidade inicial adicionada, o que acontece principalmente na fase log que, por sua vez, está diretamente associada ao processo anterior, fase lag ou de adaptação.

Para o parâmetro de consumo de substrato ( $S_c$ ), pode-se constatar que, mesmo havendo pequena oscilação entre as formulações, nem o teor inicial de sólidos solúveis nem a quantidade de

leveduras interferiu diretamente nesse parâmetro. No entanto, sabe-se que essa oscilação, já que pequena, pode ter sido ocasionada por diversos fatores desde os próprios desvios da via metabólica, a fatores externos como alguma oscilação na temperatura, entre outros.

Para a velocidade de consumo do substrato ( $R_s$ ), pode-se perceber que a concentração inicial de levedura, teve uma interferência, aumentando essa velocidade, mas que essa interferência não foi tão expressiva. Consta-se ainda que, se comparadas entre si, as formulações com 30 g.L<sup>-1</sup> de levedura ( $F_2$  e  $F_4$ ) o teor de sólidos solúveis inicial influenciaram na velocidade, aumentando-a de acordo com que se aumentou o °Brix, o que está associado, a maior quantidade de leveduras e também a maior quantidade de substrato disponível para metabolização.

No tocante às velocidades específicas, pode-se constatar que a quantidade de leveduras influenciou na velocidade específica de consumo de substrato ( $\mu_s$ ) e de crescimento celular ( $\mu_x$ ) sendo que a maior concentração inicial de leveduras tendeu a diminuir esses valores. Já para a velocidade específica de formação de produto ( $\mu_p$ ) os valores apresentaram maiores em  $F_3$  e  $F_4$ .

Estudando fermentado alcoólico de melão, Bessa *et al.* (2018) obtiveram variação de 0,67 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 0,46 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ( $P_x$ ); 83,69% a 85,40% ( $S_c$ ); 0,45 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 0,31 g. L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ( $R_s$ ); 0,79 h a 1,16 h ( $\mu_s$ ); 0,07 h a 0,05 h ( $\mu_x$ ) e 0,28 h a 0,81 h ( $\mu_p$ ), sendo todos os valores inferiores ao desta pesquisa. Assim, analisando os parâmetros fermentativos na totalidade, percebe-se que as formulações mais viáveis a nível de reprodução em escala industrial seriam  $F_3$  e  $F_4$ , principalmente devido aos maiores valores de rendimento/eficiência do processo, rendimento em produto e produtividade em produto.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que todas as formulações apresentaram comportamento similar no tocante à cinética de fermentação. Entretanto, a concentração de leveduras interferiu no tempo de fermentação, sendo que as bebidas com menor concentração necessitaram de maior tempo de fermentação. Relacionado aos parâmetros fermentativos, as bebidas com maior teor de sólidos solúveis apresentaram maiores valores de teor alcoólico, concentração de etanol experimental e teórico, rendimento do processo e em produto. Ainda, constatou-se que a concentração de levedura foi determinante no consumo de substrato, apresentando maior consumo as bebidas com a concentração de 30 g. L<sup>-1</sup>.

## 6 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq pelo consentimento da bolsa de iniciação científica, por meio da Pró-Reitora de Pesquisa- PROPESQ da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, para o financiamento da pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

Amerine, M. A.; Ough, C. S. *Methods for analysis of must and wines*. New York: Wiley-Interscience, 1980.

- Araújo, S. M.; Silva, C. F.; Moreira, J. J. S. & Souza, N. N. R. R. (2011). Biotechnological process for obtaining new fermented products from cashew apple fruit by *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, (38), 1161-1169. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0891-6>.
- Assumpção, C. F.; Bachiega, P.; Morzelle, M. C.; Nelson, D. L.; Nediay, E. A.; Riosi, A. O. & Souza, E. C. (2014). Characterization, antioxidant potential and cytotoxic study of mangaba fruits. *Ciência Rural*, 44(7), 1297-1303. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130855>.
- Bertagnolli, S. M. M. (2014). *Bebidas fermentadas de goiaba: compostos bioativos, caracterização volátil e aproveitamento de resíduos*. 114fls. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) Decreto nº 6.871, de 4 de Junho de 2009. 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 República Federativa do Brasil*, Brasília, DF.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014, que regulamenta Lei nº 7.678 de 8 de novembro de 1988, dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 20 fev. 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008, aprova os regulamentos técnicos para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas fermentadas: fermentado de fruta, sidra, hidromel, fermentado de cana, fermentado de fruta licoroso, fermentado de fruta composto e saquê. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 24 abr. 2008.
- Bessa, M. A. D.; Oliveira, E. N. A.; Feitosa, B. F.; Feitosa, R. M.; Almeida, F. L. C. & Oliveira-Neto, J. O. (2018). Fermented alcoholic melon (*Cucumis melo* L.) beverage: processing and characterization. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.21717>
- Cabrera, S.; Cuenca, M. & Quicazán, M. (2012). Efecto de la proporción de pulpa en el mosto para la producción de bebida alcohólica de guayaba (*Psidium guajava*). *Vitae*, (19) (Supl. 1), Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914074>.
- Calzetta, E.; Melo, J. R. & Marques, R. G. (2014). Estudo da fermentação alcoólica e caracterização físico-química da produção caseira de vinhos de uvas dos cultivares rubi. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. *Anais*. Florianópolis.
- Campos, L. M. A. S. (2011). *Estudo dos parâmetros fermentativos na obtenção de aguardente de mel*. 153fls. Tese (Biotecnologia Industrial) – Universidade de São Paulo, Lorena.
- Cancelier, A.; Capeletto, C.; Pereira, B. A.; Todescato, D. & Costelli, M. C. (2013). Influência de parâmetros de processo na obtenção de bebida fermento-destilada de uva-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). *Brazilian Journal of Food Technology*, 16(1), 59-67, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232013005000003>
- Dantas, C. E. A. (2015). *Elaboração e análise físico-química e sensorial de fermentado alcoólico de umbu*. 63fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (Campus Currais Novos), Currais Novos.

- Dantas, T. M. O. (2016). *Avaliação cinética da fermentação alcoólica de mel industrial como substrato para produção de hidromel*. 67fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Centro de Tecnologia- Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Duarte, L. G. O.; Diniz, M. H. S.; Tomé, P. H. F.; Fragiorge, E. J. (2018a). Fermentado alcoólico: Melancia [*Citrullus Lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai]. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 132(1).
- Duarte, L. G. O.; Tomé, P. H. F.; Fragiorge, E. J. (2018b) Desenvolvimento e análises físico-químicas do fermentado alcoólico da polpa de banana nanica (*Musa spp.*). *Revista Científica Semana Acadêmica*, 132(1).
- Fernandes, A. C. F. (2016) *Produção e caracterização de fermentado alcoólico e vinagre de fisalis e pitais como estratégia de aproveitamento tecnológico*. 109fls. Dissertação (Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Ferrari, F. C. S. (2013). *Fatores operacionais e cinética do processo fermentativo para otimização da produção de etanol em escala industrial*. 74fls. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Ferreira, E. G. (2007). Produção de frutos da mangabeira para consumo *in natura* e industrialização. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, 1(1), 9-14.
- Ferri, M. J.; Saggin, R. (2014). *Elaboração de fermentado alcoólico de amora-preta (*Rubus spp.*) com mel de abelha (*Apis mellifera*)*. 36fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- Franco, B. D. G. M. *Importância dos microrganismos em alimentos*. In: Franco, B. D. G. M.; Landgraf, M. Microbiologia de Alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.
- Gava, A. J. *Princípios de Tecnologia de Alimentos*. 1ª ed., São Paulo: Nobel, 1984.
- Hansen, O. A. S. (2011) *Agregação de valor aos frutos da mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes): Desenvolvimento e avaliação da estabilidade de néctar e geleia*. 2011. 108fls. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- Hiss, H. (2008) *Cinética de processos fermentativos*. In: Schmidell, W.; Lima, U. A.; Aquarone, E.; Borzani, W. Engenharia Bioquímica. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 1020p.
- Li, X.; Chan, L. J.; Yu, B.; Curran, P. & Liu, S. Q. (2012). Fermentation of three varieties of mango juices with a mixture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Williopsis saturnus* var. *mrakii*. *International Journal of Food Microbiology*, 158, 28-35, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.06.015>.
- Lima, J. C. F.; Queiroz, J. V.; Queiros, F. C. B. P.; Moraes, R. B. & Lima, M. C. F. (2015). Da Paraíba para o mundo: a estratégia global utilizada por uma empresa exportadora de frutas. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, *Anais ...*, Fortaleza.
- Lima, I. L. P. (2010). *Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Mangaba*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 68 p.
- Lima, L. L. A.; Melo-Filho, A. B. de. (2011). *Tecnologia de bebidas*. 1 ed. Recife: EDUFPRPE, 16 p.



- Lima, U. A.; Basso, L. C.; Amorim, H. V. (2001). *Produção de Etanol*. In: Lima, U. A. et al. (Coord.). *Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos*. São Paulo, Edgard Blucher, 3.
- Nelson, D.L.; Cox, M.M. (2014). *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Editora Artmed, 6ª Edição, São Paulo.
- Oliveira, A.S.; Santos, D.C.; Oliveira, E.N.A.; Silva, F.L.H.; Florentino, E.R. (2011). Produção de fermentado alcoólico do fruto de mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13(3),269-275, Recuperado de: <http://deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev133/Art1337.pdf>.
- Pavlak. M. C. M.; Abreu-Lima, T. L.; Carreiro, S. C. & Paulillo, S.C.L. (2011). Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Saccharomyces cerevisiae*. *Química Nova*, v. 34(1), 82-86. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000100016>.
- Santos, E. A. S.; Reis, M. F. T.; Santos, J. M.; Carvalho, L. C. F.; Souza, D. S. & Santos, C. (2017b). Avaliação da cinética de fermentação na produção de bebida fermentada de acerola (*Malpighia emarginata* D.C). In: III Encontro Nacional da Agroindústria. *Anais*. Bananeiras-PB.
- Santos, P. S.; Freitas, L. S.; Santana, J. G. S.; Muniz, E. N.; Rabbani, A. R. C.; Silva, A. V. C. da. (2017a). Genetic diversity and the quality of Mangabeira tree fruits (*Hancornia speciosa* Gomes – *Apocynaceae*), a native species from Brazil. *Scientia Horticulturae*, 226, 372–378.
- Pereira, A. C.; Pereira, A. B. D.; Moreira, C. C. L.; Botion, L. M.; Lemos, V. S.; Braga, F. C. ... Cortes, S. F. (2015). *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. *Journal of Ethnopharmacology*, 161, 30–35.
- Perfeito, D. G. A.; Carvalho, N. Lopes, M. C. M.; Schmidt, F. L. (2015). Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração da polpa. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2(3), 1–7.
- Silva, G. C.; Braga, F. C.; Lima, M. P.; Pesquero, J. L.; Lemos, V. S. & Cortes, S. F. (2011). *Hancornia speciosa* Gomes induces hypotensive effect through inhibition of ACE and increase on NO. *Journal of Ethnopharmacology*, 137, 709– 713. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.20114>
- Silva, S. R.; Mota, M. M. A. & Lopes, J. D. (2017). Produção de fermentado alcoólico de abacaxi. In: III Encontro Nacional da Agroindústria. *Anais*. Bananeiras-PB.
- Silva, R. C.; Braga, F. C.; Lemos, V. S.; Cortes, S. F. (2016). Potent antihypertensive effect of *Hancornia speciosa* leaves extract. *Phytomedicine*, 23, 214–219.
- Steinle, L. A. (2013). *Fatores que interferem na fermentação alcoólica*. 58fls. Monografia (Pós-graduação em gestão do setor sucroenergético) – Universidade Federal de São Carlos, Sertãozinho.
- Stroppa, C. T.; Alves, J. G. L. F.; Figueiredo, A. L. F. & Castro, C. C. (2009). Parâmetros cinéticos de linhagens de levedura isoladas de alambiques mineiros. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 33, 1978-1983, 2009. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700048>.
- Torres-Neto, A. B.; Silva, M. E.; Silva, W. B.; Swarnakar, R.; Silva, F. L. H. (2006) Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). *Química Nova*, 29(3), 489-492. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000300015>.
- Venturini Filho, W. G. (Coord). (2010). *Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia, volume 1*. São Paulo: Blücher.