

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

MARCOS VINICIUS AZEVEDO FIGUEIREDO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE INCORPORADO COM  
*Spirulina sp.***

Maceió  
2024

MARCOS VINICIUS AZEVEDO FIGUEIREDO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE IOGURTE INCORPORADO COM  
*Spirulina sp.***

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Química da Universidade Federal de  
Alagoas como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo de  
Farias Silva

Coorientadora: Msc. Rosana Correia Vieira  
Albuquerque

Maceió  
2024

**Catalogação na fonte  
Universidade Federal de Alagoas  
Biblioteca Central  
Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Valter dos Santos Andrade – CRB-4 – 1251

F475p Figueiredo, Marcos Vinícius Azevedo.

Produção e caracterização de iogurte incorporado com *Spirulina sp.* /  
Marcos Vinícius Azevedo Figueiredo. – 2024.  
35 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo de Farias Silva.

Coorientadora: Rosana Correia Vieira Albuquerque.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química) –  
Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 30-35.

1. Indústria do leite. 2. Iogurte - Produção. 3. Fermentação láctica. 4.  
Bactérias lácticas. 5. *Spirulina platenses*. I. Título.

CDU: 66.0

## Folha de Aprovação

MARCOS VINICIUS AZEVEDO FIGUEIREDO

**Produção e caracterização de iogurte incorporado com *Spirulina* sp.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia Química da  
Universidade Federal de Alagoas como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química.

**Banca Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 CARLOS EDUARDO DE FARIAS SILVA  
Data: 25/03/2024 11:48:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Orientadora: Prof. Dr. Carlos Eduardo de Farias Silva  
(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente  
 ROSANA CORREIA VIEIRA ALBUQUERQUE  
Data: 25/03/2024 12:07:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Coorientadora: MSc. Rosana Correia Vieira Albuquerque  
(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente  
 RENATA MARIA ROSAS GARCIA ALMEIDA  
Data: 02/04/2024 11:25:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Renata Maria Rosas Garcia Almeida  
(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente  
 JORGE JOSE DE BRITO SILVA  
Data: 06/04/2024 00:31:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Jorge José de Brito Silva  
(Universidade Federal de Alagoas)

## RESUMO

O iogurte é uma bebida fermentada milenar, a qual tem sua data de descoberta remontando o período da pré-história, o que ilustra a possibilidade de produção da bebida utilizando baixos orçamentos e poucas tecnologias. Apesar disso, a indústria alimentícia busca, cada vez mais, técnicas de otimização de processos e das qualidades nutricionais dos alimentos, uma vez que o mercado consumidor se torna constantemente mais exigente. Atrelado a isso, percebe-se uma evolução do consumo de alimentos funcionais, ou seja, os quais possuem seus teores nutritivos elevados. Nesse sentido, o presente trabalho visou produzir um iogurte incorporado com a cianobactéria do gênero *Spirulina* avaliando sua cinética de fermentação e a composição centesimal final do produto fermentado. Para isso, foi realizada a fermentação de leite integral pasteurizado acrescido de diferentes concentrações da cianobactéria (*Spirulina platensis*) entre 0,5-2% (m/v) com fermento láctico comercial (concentração suficiente para obter uma concentração inicial de  $10^4$ - $10^5$  UFC/mL). A fermentação ocorreu a 40°C por 5h (parte em que a cinética foi diretamente avaliada), sendo resfriado a 4°C por 28 dias para estabilização e caracterização centesimal (ou físico-química) do produto final em umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos. Durante o processo fermentativo percebeu-se que uma maior concentração de biomassa algal resultou em um menor crescimento das bactérias lácticas, passando de  $1.10^8$  (0,5% de *Spirulina*) para  $3.10^7$  (2% de *Spirulina*) UFC/mL. No entanto, houve um consumo equivalente de açúcar (exceção para o iogurte incorporado com 0,5% de *Spirulina*, que consumiu mais açúcar que os demais), assim como produção de ácido, obtendo acidez final entre 1,9-2,2%. Em relação a composição centesimal, os teores de proteína, lipídeos e cinzas aumentaram proporcionalmente com a incorporação de *Spirulina*, passando de  $4,12 \pm 0,19$  para  $5,49 \pm 0,22$  %,  $8,42 \pm 0,05$  para  $8,89 \pm 0,02$  % e  $0,77 \pm 0,01$  para  $0,97 \pm 0,01$  %, respectivamente, variando-se a incorporação de 0,5% para 2% de *Spirulina*. Percebeu-se que foi possível a obtenção um produto com acidez característica com bom desenvolvimento das bactérias lácticas, apesar de seu crescimento diminuir com o aumento da incorporação de biomassa de *Spirulina*. Além disso, houve um maior incremento de proteínas e cinzas no produto final, principalmente. No entanto, sabe-se que ainda restam muitos estudos para que se possa chegar a um produto comercial, como o estudo reológico e sensorial.

**Palavras chave:** Indústria do leite, fermentação láctica, bactérias lácticas.

## ABSTRACT

Yogurt is an ancient, fermented drink, which dates to prehistoric times, illustrating the possibility of producing the drink using low budgets and few technologies. Despite this, the food industry is increasingly seeking techniques to optimize processes and the nutritional qualities of food, as the consumer market becomes constantly more demanding. Linked to this, it is seen an evolution in the consumption of functional foods, that is, those with high nutritional content. In this sense, the present work aimed to produce a yogurt incorporated with cyanobacterium of the genus *Spirulina*, evaluating its fermentation kinetics and the final proximate composition of the fermented product. To this end, pasteurized whole milk was fermented with different concentrations of cyanobacteria (*Spirulina platensis*) between 0.5-2% (w/v) with commercial lactic acid bacteria (sufficient concentration to obtain an initial concentration of  $10^4$ - $10^5$  CFU/mL). Fermentation occurred at 40°C for 5h (part in which the kinetics were directly evaluated), being cooled to 4°C for 28 days for stabilization and proximate (or physical-chemical) characterization of the final product in terms of moisture, ash, proteins, lipids and carbohydrates. During the fermentation process it was noticed that a higher concentration of algal biomass resulted in a lower growth of lactic acid bacteria, going from  $1.10^8$  (0.5% *Spirulina*) to  $3.10^7$  (2% *Spirulina*) CFU/mL. However, there was an equivalent consumption of sugar (except for the yogurt incorporated with 0.5% *Spirulina*, which consumed more sugar than the others), as well as acid production, obtaining a final acidity between 1.9-2.2%. In relation to the proximate composition, the protein, lipid, and ash contents increased proportionally with the incorporation of *Spirulina*, going from  $4.12 \pm 0.19$  to  $5.49 \pm 0.22$  %,  $8.42 \pm 0.05$  to  $8.89 \pm 0.02$  % and  $0.77 \pm 0.01$  to  $0.97 \pm 0.01$  %, respectively, varying the incorporation from 0.5% to 2% of *Spirulina*. It was noticed that it was possible to obtain a product with characteristic acidity with good development of lactic acid bacteria, despite their growth decreasing with the increase in the incorporation of *Spirulina* biomass. Furthermore, there was a greater increase in proteins and ash in the final product, mainly. However, it is known that there are still many studies to be carried out before a commercial product can be developed, such as rheological and sensorial studies.

**Keywords:** Dairy industry, lactic fermentation, lactic acid bacteria

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01:</b> Cultivo aberto da cianobactéria <i>Spirulina sp</i> .....	6
<b>Figura 02:</b> Condução do processo de fermentação lática .....	8
<b>Figura 03:</b> Fluxograma das operações no processamento de diferentes iogurtes. ....	10
<b>Figura 04:</b> Curvas características de crescimento microbiano (X), consumo de substrato (S) e formação de produto (P). .....	15
<b>Figura 05:</b> (a) início do processo de destilação com coloração rosa; (b) finalização do processo de destilação com coloração esverdeada .....	21
<b>Figura 06:</b> Filtro a base de celulose contendo a amostra para análise do teor de lipídios. ....	22
<b>Figura 07:</b> Extrator de lipídios para possibilitar a análise do teor de lipídios.....	22
<b>Figura 08:</b> Balança com Secagem para obtenção do teor de umidade.....	23
<b>Figura 09:</b> - Curva cinética de fermentação do iogurte. A) Acidez total titulável em % (ácio lático), B) Substrato (açúcares totais) em g/L e C) Crescimento celular (UFC/mL) (bactérias láticas). Quadrado 0,5%; losango 1,0%; círculo 1,5% e triângulo 2,0% de <i>Spirulina</i> incorporada.....	25
<b>Figura 10:</b> - Medições do pH ao longo do tempo de fermentação. Quadrado 0,5%; losango 1,0%; círculo 1,5% e triângulo 2,0% de <i>Spirulina</i> incorporada % .....	26

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Composição nutricional da biomassa de <i>Spirulina sp</i> por 100g.....	07
<b>Tabela 02:</b> Bactérias do gênero <i>Lactobacillus</i> homofermativas e com potencial utilização para a fermentação lática... ..	09
<b>Tabela 03:</b> Consumo per capita anual de iogurte em países/territórios do mundo .....	12
<b>Tabela 04:</b> Composição centesimal média da <i>Spirulina</i> (% de matéria seca). .....	13
<b>Tabela 05:</b> Tabela com valores físico-químicos obtidos. ....	27

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

<b>Equação 01:</b> Determinação da concentração de microrganismos.....	19
<b>Equação 02:</b> Determinação do teor de acidez .....	19
<b>Equação 03:</b> Determinação da concentração de açúcares totais.....	19
<b>Equação 04:</b> Determinação do teor de proteínas.....	21
<b>Equação 05:</b> Determinação do teor de lipídios .....	22
<b>Equação 06:</b> Determinação do teor de cinzas .....	23

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
2.1 Geral	5
2.2 Específicos	5
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>6</b>
3.1 <i>Spirulina</i> sp.	6
3.2 Características Nutricionais e Bioquímicas da <i>Spirulina</i> sp.	7
3.3 Fermentação Lática	8
3.4 Iogurte e Alimentos Funcionais	11
3.5 Características Físico-Químicas do iogurte	12
3.6 Parâmetros da Cinética de um Processo Fermentativo	14
3.7 Alterações no iogurte Fermentado com <i>Spirulina</i> sp.	15
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>17</b>
4.1 Condução do Processo Fermentativo	17
4.2 Determinação dos Parâmetros Cinéticos do Processo	18
4.2.1. Determinação dos Microrganismos Viáveis (Bactérias láticas)	18
4.2.2. Determinação da Acidez Total	19
4.2.3. Determinação de Açúcares Totais	19
4.3 Determinação dos Parâmetros Físico-químicos	20
4.3.1. Determinação do teor de proteínas	20
4.3.2. Determinação do teor de lipídios	21
4.3.3. Determinação do teor de cinzas (resíduo mineral fixo)	22
4.3.4. Determinação do teor de umidade e carboidratos	23
4.3.5 Determinação do pH das Amostras	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
5.1 Cinética Fermentativa	24
5.2 Composição Centesimal dos iogurtes Incorporados	27
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente conscientização sobre a importância de uma alimentação saudável tem conduzido a um aumento significativo na busca por alimentos funcionais e enriquecidos, os quais possam proporcionar benefícios nutricionais além de suas funções básicas. Tal aumento pode ser explicado pelo maior acesso aos cuidados à saúde, da expectativa média de vida e pela preocupação social em uma melhor qualidade de vida (Plaza et al., 2009; Kraus, 2015).

Nesse contexto, a *Spirulina sp.* se destaca como um componente promissor devido à sua rica composição nutricional. Vale ressaltar que apesar de utilizada na alimentação humana desde a idade antiga por apresentar uma biomassa essencialmente rica em nutrientes, seus estudos científicos datam mais recente (HABIB et al., 2008).

A cianobactéria *Spirulina sp.*, reconhecida por seu alto teor de proteínas, vitaminas, minerais e compostos bioativos, é muito utilizada no enriquecimento de produtos alimentícios (Shimamatsu, 2004; López et al., 2013). A incorporação de *Spirulina sp.* em produtos lácteos, como o iogurte, oferece uma oportunidade de desenvolver alimentos funcionais com benefícios potenciais para a saúde. Ao melhorar o perfil nutricional do iogurte, é possível atender às demandas dos consumidores e explorar novas aplicações para a *Spirulina sp.*.

Apesar disso, a produção de iogurte incorporado com o microrganismo envolve desafios biotecnológicos que abrangem desde a otimização da concentração de *Spirulina sp.*, das características do processo fermentativo, além do entendimento das características nutritivas e sensoriais do produto (Avila Léon et al., 2012). É esperado identificar e avaliar os teores de lipídios, proteínas, vitaminas, cinzas, graus de antioxidação, pH e acidez, comparando-os com valores da literatura existente, pontos esses que indicam a possibilidade do produto final se encaixar na classificação de alimento funcional segundo a ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2018).

Este trabalho de pesquisa se propõe a explorar a produção e caracterização de iogurte incorporado com o microrganismo *Spirulina sp.*, com o intuito de avaliar e entender as características da cinética fermentativa e das características físico-químicas finais do iogurte incorporado.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Produzir iogurte incorporado com a cianobactéria *Spirulina* sp.

### 2.2 Específicos

- Verificar a cinética de fermentação do iogurte incorporado;
- Realizar a caracterização físico-química do iogurte incorporado da quantidade de carboidratos, lipídios, proteínas, cinzas, acidez, pH e microrganismos lácteos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 *Spirulina* sp.

A *Spirulina* sp. comprehende uma classe de organismos unicelulares e representa o grupo de cianobactérias filamentosas, popularmente conhecidas como microalgas verde azuladas (Almeida, 2018).

O microrganismo é originário naturalmente do continente africano e do americano, porém sua capacidade de adaptação e de rápida reprodução têm permitido se desenvolver em diversos ambientes do mundo, o que favorece seu potencial econômico e de exploração, visto que possui uma biomassa rica em compostos bioquímicos ativos (Habib et al., 2008). Tal microalga é normalmente associada a ambientes aquáticos com pH ótimo alcalino de em torno de 8,00 a 11,00, apesar disso consegue se adaptar a regiões extremas, algumas vezes perto de lagoas muito salgadas, vulcões e desertos (Avila Léon et al., 2012).

No Brasil, o principal ambiente natural de identificação e exploração da *Spirulina* sp. se encontra em lagoas do Rio Grande do Sul e em lagoas salinas do pantanal sul-mato-grossense (Santos, 2013). Apesar disso, o grande interesse industrial e econômico no organismo tem desenvolvido sistemas de cultivo, o qual pode ser realizado em ambientes abertos ou fechados.

Industrialmente, a principal forma de cultivo é em sistema aberto (Figura 1), chamada de *raceway* (lagoa aberta), com condições favoráveis de temperatura e luz (Almeida, 2018). Por serem organismos fotossintetizantes, a presença da luz solar é essencial para o sucesso do processo produtivo, além disso, é essencial operações de mistura e agitação para evitar limitações no crescimento devido a distribuição desproporcional e luz, gerando assim uma homogeneidade dos nutrientes (Habib et al., 2008; Zhang et al., 2015).

**Figura 1:** Cultivo aberto da cianobactéria *Spirulina* sp.



Fonte: Habib et al. (2008)

Diversas pesquisas mostram a importância da *Spirulina* sp. como fonte de combate aos radicais livres e de antioxidantes danosos ao material genético, o que permite sua utilização em diversas plantas industriais, em especial, indústrias de produção de pigmentos, antioxidantes, enzimas, fármacos e alimentícias (Ambrosi et al., 2008).

### **3.2 Características nutricionais e bioquímicas da *Spirulina* sp.**

A dieta humana balanceada deve ser composta por diversas biomoléculas, tais como, proteínas, carboidratos, vitaminas, sais minerais, pigmentos e ácidos graxos essenciais (Soni, 2017). Surpreendentemente, a *Spirulina* consegue conter praticamente todos esses componentes da alimentação humana, tornando-a muito completa (Tabela 1).

**Tabela 1:** Composição nutricional da biomassa de *Spirulina* sp. por 100g.

Nutrientes	Concentração	Nutrientes	Concentração
Proteína (g)	56,6 – 70,0	Vitamina B <sub>8</sub> (mg)	0,005 – 0,008
Carboidrato (g)	11,3 – 22,0	Vitamina B <sub>9</sub> (mg)	0,05 – 0,09
Lipídios (g)	2,20 – 4,10	Vitamina B <sub>12</sub> (mg)	0,35 – 0,60
Minerais (g)	7,0 – 8,00	Cálcio (mg)	1000 – 2000
Fibra alimentar (g)	7,0 – 16,4	Fósforo (mg)	670 – 800
Vitamina A (mg)	212 - 240	Magnésio (mg)	400 – 480
Vitamina E (mg)	10 – 13	Ferro (mg)	58 – 62
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	1,4 - 3,5	Zinco (mg)	3,00 – 3,30
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0,4 – 6,9	Cobre (mg)	1,10 – 1,20
Vitamina B <sub>3</sub> (mg)	1,3 – 5,9	Manganês (mg)	0,50 – 0,70
Vitamina B <sub>5</sub> (mg)	0,2 – 0,3	Cromo (mg)	0,03 – 0,05
Vitamina B <sub>6</sub> (mg)	4,0 – 6,0	Potássio (mg)	1,4 – 1,5

Fonte: Ambrosi et al. (2008); Roberto (2015); Marcinkowska-Lesiak et al. (2018); Almeida (2018)

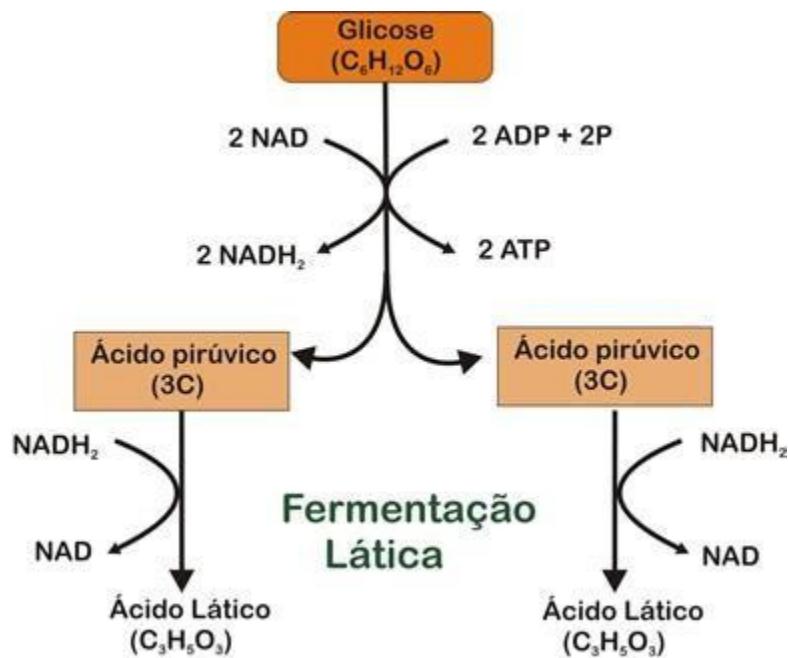
Por todos essa composição, cada vez mais a microalga tem sido utilizada em indústrias de fármacos e de alimentos, sendo vendidas especialmente com nutriente

funcional e suplemento alimentício (Estrada et al., 2001). Essas biomoléculas estão existindo devido a presença de compostos fenólicos, tais como, ácidos caféico, clorogênico, salicílico, sináptico (Ambrosi et al., 2008).

### 3.3 Fermentação Lática

A fermentação é uma rota alternativa de obtenção de energia, a qual acontece na ausência de oxigênio e gera diferentes produtos finais diferentes dos tradicionais da respiração aeróbica, sendo o ácido lático o resultante da fermentação lática, processo descrita na Figura 2 (Woolford, 1984). Tal processo é considerado uma degradação de substâncias orgânicas, as quais são realizadas por microrganismos (Koh, 2005). Os microrganismos atuam catabolizando carboidratos (em especial moléculas glicose), o que pode ajudar a melhorar as propriedades sensoriais e nutritivas, aumentando a digestibilidade e a vida de prateleira do produto (Almeida et al., 2011).

**Figura 2:** Condução do processo de fermentação lática.



Fonte: Barkallah et al (2017)

Para a realização do processo fermentativo são utilizadas bactérias homofermentativas, como *Lactobacillus lactis*, as quais são desejáveis na produção,

uma vez que nesses microrganismos mais de 87% dos compostos do metabolismo é ácido lático (Silva et al., 2011). Dentro das bactérias do gênero *Lactobacillus*, diversas dessas podem ser utilizadas para o processo (Tabela 2).

**Tabela 2:** Bactérias do gênero *Lactobacillus* homofermativas e com potencial utilização para a fermentação lática.

Lactobacilos homofermentativos	
1A. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>Delbrueckii</i>	9. <i>L. helveticus</i>
1B. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	10. <i>L. jensenii</i>
1C. <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	11. <i>L. ruminis</i>
2. <i>L. acidophilus</i>	12. <i>L. salivarius</i>
4. <i>L. amylovorus</i>	14. <i>L. vitulinus</i>
5. <i>L. animalis</i>	15. <i>L. yamanashiensis</i>
6. <i>L. crispatus</i>	
7. <i>L. farciminis</i>	
8. <i>L. gasseri</i>	

Fonte: Antonio & Borelli (2020)

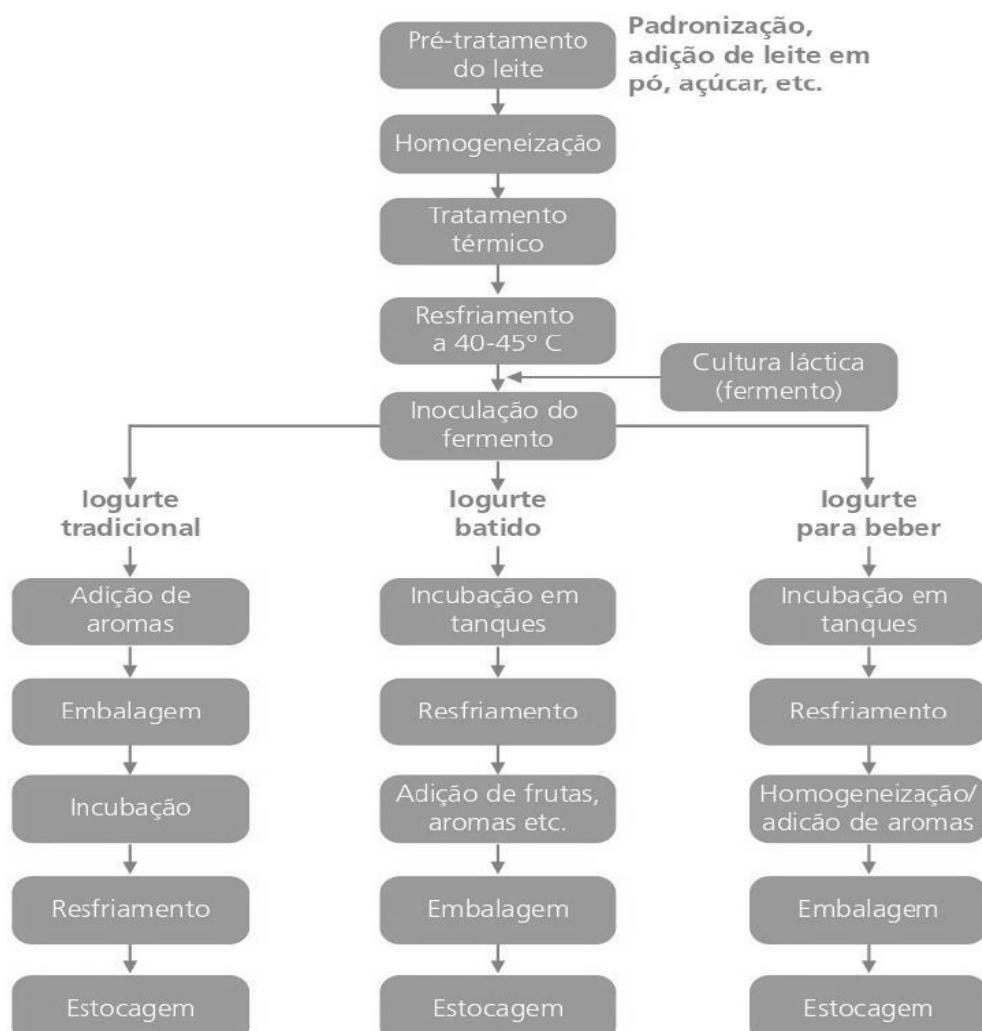
Dentre as principais etapas para a realização da fermentação lática é possível elencar o tratamento térmico inicial, o qual consiste em aquecer o leite para pasteuriza-lo a uma temperatura aproximada entre 80°C por 15 minutos, para assim garantir uma tendência de destruição da maioria dos microrganismos que poderiam ser prejudiciais à qualidade do produto final, como estreptococos, estafilococos, microrganismos formadores de esporos, coliformes e outras bactérias Gram-negativas (Pan-Utai et al., 2020).

Após tal procedimento, é realizado um resfriamento a uma temperatura média entre 38 a 40°C, sendo feita a operação de inoculação, a qual é feita a adição de semeadura das culturas lácteas, as quais garantirão o sucesso da fermentação. Em sequência, é realizada a operação de mistura para garantir a maior homogeneidade e uniformidade do produto final (Yamaguchi et al., 2019).

Posteriormente, a mistura é ambientada numa estufa a uma temperatura controlada de em torno 40 °C durante 3 a 5 horas, para que haja finalmente a fermentação láctica. Durante esse processo, a medição de temperatura de pH e de acidez são essenciais para o controle do processo. Por fim, após a passagem do tempo ideal de processo é feito o armazenamento em refrigeradores para inibir o maior aumento das culturas lácticas e evitar uma produção exagerada de ácido láctico (Silva, et al, 2011).

Além disso, para adicionar sabor e possibilitar uma maior adesão comercial, muitas vezes, são adicionadas polpas de frutas e outros ingredientes com a função de tornar mais palatável o sabor final do produto (Figura 3).

**Figura 3:** Fluxograma das operações no processamento de diferentes iogurtes.



Fonte: Universidade de Vila Velha (2021)

### **3.4 Iogurte e Alimentos Funcionais**

Os alimentos funcionais são assim denominados por oferecer alto potencial benéfico à saúde e com ótimos valores nutritivos agregados, o que pode auxiliar diretamente na prevenção de doenças (Pan-Utai et al., 2020; Taipina, et al., 2002).

Tais alimentos são corriqueiramente classificados de acordo com a origem - vegetal ou animal - e quanto aos benefícios - em especial, nas funções fisiológicas e antioxidantes (Barkallah et al., 2017; Souza et al., 2003).

Além disso, existem critérios básicos para o estabelecimento de um produto alimentício como funcional, tais como: ser alimentos convencionais da dieta usual humana, devem ser majoritariamente feitos de componentes naturais e devem gerar benefício positivo à saúde humana (Pan-Utai et al., 2020; Almeida et al., 2011).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - agência vinculada ao Governo Federal dentro da pasta do Ministério da Saúde - regulamenta e fiscaliza o seguimento de padrões normativos frente ao estabelecimento de um alimento como funcional, o qual deve ser comprovado cientificamente sua eficácia e suas propriedades funcionais para o órgão fiscalizador (BRASIL 1999; Pimentel et al., 2005).

É válido ressaltar que além dos potenciais positivos à saúde, existe também o viés econômico de tal atividade, uma vez que a alimentação e saúde física são as necessidades básicas do ser humano (Ferreira et al., 2010). Com isso, os maiores países desenvolvidos têm investido nos setores de pesquisa e desenvolvimento de tais produtos, sendo o Japão, os Estados Unidos e a França os principais destaques, dominando mais de 90% do mercado global de tal produção (Bem Kouider, 2005).

Um dos principais alimentos funcionais obtidos da indústria de laticínios é o iogurte com microrganismos que auxiliam em diversas funções do corpo. O iogurte é o produto da fermentação com meios de cultura, normalmente de bactérias homofermentativas, em variáveis controladas de processo, as quais determinam as características necessárias para o produto final (Silva et al, 2011).

O mercado de iogurte é muito forte a nível mundial, porém no Brasil ainda possui um potencial de exploração grande, uma vez que seu consumo per capita anual é inferior a diversos países (Tabela 3).

**Tabela 3:** Consumo per capita anual de iogurte em países/territórios do mundo.

País/Território	Consumo logurte Per Capita Anual (kg)
Finlândia	13,3
Groenlândia	9,8
Áustria	8,6
Dinamarca	8,3
Suécia	7,5
Bélgica	5,7
Japão	4,8
Brasil	3,0

Fonte: Soares (2002), Bolini & Moraes (2004)

Tal iogurte, quando incorporado com cianobactérias, tais como a *Spirulina*, confere ainda mais qualidade nutritivas positivas e benéficas, podendo ser um produto em desenvolvimento com grande potencial de mercado, por unir a necessidade de cuidados à saúde e de alimentação, com um mercado que hoje está em crescimento e deve faturar globalmente acima de U\$\$ 100 bilhões (Milkpoint, 2021).

### 3.5 Características Físico-Químicas do logurte

Os alimentos ingeridos são formados por moléculas das mais diferentes classes orgânicas e inorgânicas, as quais possuem diferentes características e funcionalidades dentro do organismo animal. Dessa forma, torna-se essencial uma descrição sucinta sobre cada uma desses grupos nutritivos. Na Tabela 4 é possível observar a composição físico-química esperada para um iogurte.

O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo são resíduos inorgânicos remanescente posterior a destruição da fonte orgânica do alimento. Tal análise é essencial pois permite o entendimento do valor nutritivo do alimento, em laticínios as cinzas mais comuns são provenientes de sais minerais de potássio, cálcio e sódio. Por outro lado, as proteínas são um componente de extrema necessidade na dieta humana, uma vez que a ingestão dessas possibilita a metabolização de outras proteínas funcionais e estruturais no organismo (Yuyama et al., 2011).

**Tabela 4:** Composição centesimal média da *Spirulina* (% de matéria seca).

<b>Componente</b>	<b>Laboratório de análise</b>			
	<b>FOI</b>	<b>SAC</b>	<b>IPGSR</b>	<b>BAU</b>
Proteína bruta	65	55-70	61	60
Carboidrato solúvel	19	-	14	-
Lipídio bruto	4	5-7	6	7
Fibra bruta	3	5-7	-	-
Cinza	3	3-6	9	11
Umidade	-	4-6	6	9

FOI = French Oil Institute; SAC = Siam Algae Co. Ltd; IPGSR = Institute of Post-graduate Studies and Research laboratory, University of Malaya; BAU = Bangladesh Agricultural University.

-: Análises não realizadas.

Fonte: Adaptado de FAO (2018)

Se tratando de lipídios são uma grande fonte armazenadora de energia para tanto o repouso quanto exercícios de intensidade leve ou moderada, tais compostos são obtidos pela união de ácidos graxos e álcoois, sendo essencial em conjunto com carboidratos como função energética, mas também estrutural, reguladora térmica e mecânica e como componente da membrana plasmática (Jonato prestes et al., 2005). A umidade se refere a simples medida do teor de água presente nesse alimento (Yuyama et al., 2011).

O carboidrato é o macronutriente em maior proporção presente depois da proteína. Dentre os carboidratos classificados como monossacarídeos, encontram-se principalmente a glicose, a frutose e a galactose e entre os carboidratos dissacarídeos tem-se a sacarose, a maltose e a lactose, onde o mais presente no iogurte é a lactose (Bruice, 2014). O teor de carboidratos é calculado pela diferença entre 100 e a soma das porcentagens de umidade, proteína, lipídeos, cinzas e fibras (Yuyama et al., 2011).

### 3.6 Parâmetros da Cinética de um Processo Fermentativo

A cinética de um processo fermentativa consiste na análise da variação dos perfis de concentração em relação aos tempos do processo, verificando, em especial, três grandes perfis de concentração - o do crescimento do microrganismo (representado pela letra X), o dos produtos gerados provenientes do metabolismo (representado pela letra P) e o consumo dos substratos utilizados (representado pela letra S) (Schmidell, 2001).

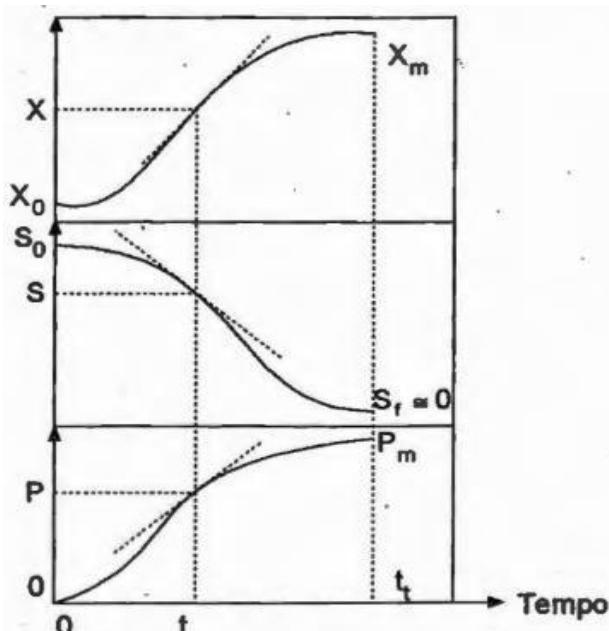
Essa análise é essencial em processos fermentativos pois permite o equacionamento e a modelagem dos perfis dos processos, entendendo assim padrões na transformação do substrato em produtos por meio dos microrganismos para diferentes condições de pH, temperatura, umidade e outras variáveis.

No processo fermentativo do iogurte, o crescimento microbiano, serão as contagens microscópicas em câmera de Neubauer (células/mL) ou de colônias em meios de cultura como unidade formadora de colônia (UFC/mL), o meio de cultura mais utilizado é o *Agar MRS* (Man, Rogosa e Sharpe). Para o substrato, se considerará os açúcares totais, formados principalmente por glicose, galactose e lactose. E para o produto principal, o ácido lático, medido em forma de acidez total titulável (Nazir et al., 2002; Abdelhamide et al., 2023).

A coleta desses pontos amostrais de concentração dos três parâmetros (por meio de diferentes técnicas) ao longo do tempo possibilita a construção de curvas do processo, as quais são os principais objetivos finais de uma análise da cinética fermentativa (Figura 4), possibilitando verificar o final da fermentação.

A importância da análise dessas curvas é para possibilitar uma classificação acerca dos tipos de relação entre crescimento de produto e de microrganismo (Gaden, 1959) e quanto a relação de concentração e de tempo (Deindoerfer, 1960).

**Figura 4:** Curvas características de crescimento microbiano ( $X$ ), consumo de substrato ( $S$ ) e formação de produto ( $P$ ).



Fonte: SCHMIDELL (2001)

### 3.7 Alterações no iogurte fermentado com *Spirulina* sp.

A formulação do iogurte enriquecido com microalgas/cianobactérias é um ponto crucial na busca por produtos alimentares inovadores e nutritivos, visam não apenas garantir a estabilidade dos compostos bioativos desses microrganismos durante o processamento, mas também aprimorar as características sensoriais e nutricionais do produto final.

Em relação aos componentes físico-químicos, as principais alterações foram visualizadas para o teor de lipídeos, de proteínas e de minerais. Para lipídeos, Amal, Matar e Karam-Aliah (2022) e Folle et al. (2009) indicam um aumento na quantidade de lipídios, de 5 – 6%, possivelmente relacionado ao teor lipídico das próprias microalgas/cianobactérias.

Já para proteínas, por outro lado, Ebid, Ali e Elewa (2022) e Nazir et al. (2022) evidenciaram um aumento na quantidade de proteínas no iogurte enriquecido, em torno de 5,2-6,3%, indicando que as microalgas podem contribuir para um aporte proteico adicional. Os minerais essenciais, como potássio, cálcio, fósforo, magnésio, zinco e ferro, também aumentam sua porcentagem em alimentos enriquecidos com microalgas, como demonstrado por Ebid, Ali e Elewa (2022), com aumento de 4% de

minerais; De Mesbah et al, 2022 com aumento de 3,4% de minerais; e Nazir et al. (2022), com aumento de 4% de minerais nos alimentos enriquecidos.

Em relação aos parâmetros reológicos, em relação a viscosidade, segundo Mesbah et al. (2022) afirmam que a incorporação modificou a viscosidade do iogurte, pois 1% de biomassa algal ocasionou um aumento de 5% da mesma, impactando sua aceitabilidade sensorial, pois obteve uma aceitabilidade de 70% em contraste a 60% quando houve adição de 2% de biomassa algal. Da mesma forma, Nazir et al (2022), obtiveram um pequeno aumento da viscosidade com adição de 2,5% biomassa algal tendo uma aceitabilidade de 80%, diferentemente dos 70% de aceitabilidade quando foram adicionados 3,5% ao iogurte, percebendo-se que quanto mais microalgas é adicionado mais a viscosidade é alterada, resultando numa diminuição da aceitabilidade sensorial.

Em relação a textura, Pan-Utai et al. (2020) exploraram a influência desses parâmetros no iogurte e como eles podem ser afetados pela presença de microalgas/cianobactérias, obtendo que com aumento da quantidade de microalga no iogurte ocorreu alteração na textura do iogurte, diminuindo sua aceitabilidade com o incremento de biomassa algal. Além disso, a presença de pigmentos naturais nas microalgas e cianobactérias, como clorofila, carotenoides e ficobilinas, pode conferir uma tonalidade verde ou amarela ao iogurte, dependendo da espécie utilizada (Zarrin et al., 2014; Lafarga, 2020).

Em relação aos antioxidantes, com adição de microalgas/cianobactérias ocorre as interações sinérgicas entre diferentes antioxidantes presentes. Segundo os estudos de Robertson et al. (2016), Nazyr et al. (2022) e Ahmad et al. (2022), a combinação de múltiplos antioxidantes, como carotenoides, clorofila e outros compostos fenólicos presentes nas microalgas e cianobactérias, pode aumentar as propriedades antioxidantes no alimento enriquecido, com incrementos de até 150-200%.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia dividiu-se em duas partes, a primeira referente ao processo de produção do iogurte a ser trabalhado, o qual possuía o intuito de coletar e analisar amostras ao longo do tempo de fermentação de forma a representar a cinética fermentativa; o segundo foi a análise das características físico-químicas do iogurte.

As metodologias, fermentações e determinações de dos parâmetros físico-químicos foram realizados na Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no Laboratório de Tecnologia de Bebidas e Alimentos (LTDA) no Centro de Tecnologia (CTEC), com exceção da análise do teor de umidade, a qual foi realizada no Laboratório de Sistema de Separação e Otimização de Processos (LASSOP) ambos vinculados ao Centro de Tecnologia (CTEC).

### 4.1 Condução do Processo Fermentativo

Previamente ao processo fermentativo foi realizada a pasteurização de 150 mL de leite UHT integral em 4 diferentes amostras para total eliminação de microrganismos que pudessem interferir nas condições fermentativas, tal processo foi conduzido a 80°C por 10 minutos.

Após esse processo foi feita a adição da cultura láctea para preparo de leite fermentado do tipo iogurte natural, a qual foi corretamente pesada para, por proporção, adequar ao volume correto do leite a ser fermentado, em torno de 3 g/L de forma a obter uma concentração celular de microrganismo de  $10^4$ - $10^5$  UFG/mL. Além disso, foram adicionadas a biomassa de *Spirulina platensis* aglomerada, obtida *in natura* da empresa Saúde In NATURA Alimentos Funcionais® e aglomerada em leito fluidizado com maltodextrina por Carneiro (2023). A incorporação da biomassa da cianobactéria foi feita nas proporções de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% (m/v), em relação ao leite.

Para a condução do processo fermentativo utilizou-se uma iogurteira modelo SF-4007 50W de potência nominal da marca Sonifer. O início da fermentação foi sinalizado com a estabilização da temperatura, da água de banho dos recipientes de iogurte, em 40°C, a partir disso foi contabilizado um processo de 5h, retirando-se amostras de 10 mL a cada 30 minutos, totalizando 11 amostras por nível de concentração da *Spirulina sp.*, ou seja, 44 amostras ao todo. Essas amostras foram utilizadas para a análise dos parâmetros cinéticos, principalmente em colônias formados

Por fim, ao término das 5 horas do processo fermentativo, os recipientes contendo o iogurte foram armazenados em geladeira a temperatura de 4° C até 28 dias, como recomendados por Pah-Utai et al. (2020) e Mejbah et al. (2022). Após isso, o iogurte foi caracterizado físico-quimicamente, como descrito a seguir.

## 4.2 Determinação dos Parâmetros Cinéticos do Processo

Para determinação dos parâmetros cinéticos, fez-se necessário estabelecer um método para cada uma das três variáveis a serem analisadas. Esses métodos incluíram procedimento titulométrico para determinação de acidez total, inoculação em meio de cultura sólido em placa de Petri para a quantidade de microrganismos vivos e análise em espectrofotômetro para a quantidade de açúcares.

### 4.2.1. Determinação dos microrganismos viáveis (bactérias lácticas)

Para se determinar o crescimento microbiano, utilizou-se o método de semeadura por espalhamento após diluição seriada para por meio de contagem das colônias poder determinar a concentração de microrganismos.

Para isso, fez-se a contagem da quantidade das colônias nas placas com as diluições feitas para cada amostra (isto é, nas diferentes concentrações de *Spirulina sp.* e nos diferentes tempos de fermentação) em meio Agar MRS (Man, Rogosa e Sharpe) para a análise de bactérias lácticas. As diluições feitas foram em fatores de  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  (ou seja, diluições de 100000, 1000000 e 10000000x). Em seguida, foi feita a incubação á 37°C por 72 horas (Oliveira et al., 2018; Souza et al., 2002).

A partir dessa contagem das colônias, aplicou-se na Equação 1 padrão para determinação da concentração de bactérias a:

$$\text{Concentração de Colônias} = \frac{\text{Nº de Cônegas}}{V} * D \quad \text{Equação 1}$$

Onde: D = fator de diluição realizada e V = volume do inoculo utilizada (mL).

#### 4.2.2. Determinação da acidez total

Para o processo de determinação do produto, isto é, da metabolização de ácido láctico, foi realizado um processo de titulação com solução de NaOH. Para isso, foi inicialmente pipetado 5,0 mL da amostra em erlenmeyer e adicionados 50 mL de água destilada para haver diluição. A partir disso, foram adicionadas 3 gotas do indicador fenolftaleína a 1,0% e iniciou-se o processo de titulação com hidróxido de sódio (NaOH), previamente inserido na bureta, 0,1N até surgir a coloração rósea (IAL, 2005).

Por fim, com o volume de NaOH utilizado na operação, foi possível a determinação da acidez titulável por meio da seguinte Equação 2:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{V * N * f * MM}{m * 10} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, em ml; N = normalidade da solução de hidróxido de sódio (0,1N); f = fator da solução de hidróxido de sódio (0,987); m = massa da amostra em gramas; MM = massa molar do ácido láctico (90g/mol). A conversão de % para g/L é dada pela multiplicação da acidez (%) por 10, fornecendo a acidez (g/L).

#### 4.2.3. Determinação de açúcares totais

Para a determinação da curva do substrato, utilizou-se o método de Antrona (Trevelyan, Harrison e Forest, 1952), o qual consiste na utilização de medidas espectrofotométricas para obtenção dos valores de concentração de açúcares totais, por meio de reações coloridas de degradação dos açúcares com ácido forte (como o ácido sulfúrico) e compostos orgânicos (como a antrona) (Bobbio, 2005).

Inicialmente, é necessário a determinação de uma curva padrão de calibração com glicose (padrão), a qual fornecerá a Equação 3 que correlaciona a concentração em g/L com a medida de absorbância do espectrofotômetro:

$$C \left( \frac{g}{L} \right) = 0,219(Abs) - 0,026 \quad \text{Equação 3}$$

Com tal função estabelecida, é possível realizar a determinação da absorbância por meio da utilização do seguinte reagente: 35 mL de ácido fortes (foi utilizado o ácido sulfúrico - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 15 mL de água destilada e 0,1 g do composto orgânico antrona (Exodo Científica).

A partir dessa mistura, adiciona-se 1,8 mL desse reagente com 0,2 mL de cada uma das diferentes amostras (diluídas ou não apropriadamente) em um tubo de ensaios, os quais são posteriormente levados a banho fervente por 10 minutos, sendo seguidamente resfriados e lidos em espectrofotômetro Shimadzu UV 1280 a 630 nm.

#### **4.3 Determinação dos parâmetros físico-químicos**

A caracterização físico-química foi determinada utilizando a metodologia desenvolvida previamente pelo Instituto Adolf Lutz - IAL (2005). Para as análises foram utilizadas as amostras de iogurte após ao vigésimo oitavo dia de fermentação.

##### **4.3.1. Determinação do teor de proteínas**

Para a determinação do teor de proteínas, a primeira etapa a realização da digestão das amostras, das quais se retirou uma massa média aproximada de 0,50 g em um tubo de Kjeldahl, adicionando-se 2 g de mistura catalítica (sulfato de sódio, sulfato de cobre e dióxido de selênio na proporção de 100:1:0,8). Em seguida, adicionou-se ao tubo de digestão 10 mL de ácido sulfúrico P.A.. A partir disso, o tubo é levado do digestor a 350°C, por meio de aumentos consecutivos de temperatura, isto é, aumentou-se a temperatura em intervalos de 50°C a cada 10 minutos de operação, de forma que a amostra possua uma coloração incolor-levemente esverdeada, sinal que a matéria orgânica foi efetivamente digerida.

Após a digestão, foi realizada a etapa de destilação do nitrogênio (em forma de amônia), o qual a partir de fatores de conversão pode-se determinar o teor de proteínas. Para isso, foi adicionado em um erlenmeyer de 250 mL, 25 mL de ácido bórico a 4% (m/v) e acrescentou-se 2 gotas de indicador vermelho metila 0,25% e 2 gotas de indicador verde de bromocresol 0,2%. Além disso, o tubo de Kjeldahl, previamente digerido com a amostra do iogurte, foi adicionada 3 gotas de fenolf taleína 1% e conectada ao destilador. Com a solução aquecida, desliga-se o aquecimento e adiciona-se, lentamente, NaOH (soda cáustica) 40% até almejar um pH alcalino (transição para coloração rosa). Faz-se a destilação até colher um volume de destilado de aproximadamente 100 mL, o qual foi possível visualizar a partir da transição da coloração arroxeadas para azul-esverdeada (Figura 5).

Por fim, titulou-se o destilado azul-esverdeado com solução de ácido clorídrico 0,1 N padronizado até o ressurgimento de uma coloração laranja-avermelhado, anotando-se, assim, o volume de ácido necessário para o ponto de virada. Com isso, foi possível determinar o teor de proteínas a partir da seguinte Equação 4:

$$\text{Proteínas Totais (\%)} = \frac{V_{HCl} \cdot F_{HCl} \cdot N_{HCl} \cdot 6,25 \cdot 1,4}{P} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:  $N_{HCl}$  = normalidade da solução de HCl utilizada na titulação;  $V_{HCl}$  = volume gasto na titulação com ácido clorídrico 0,1 N;  $F_{HCl}$  = fator de padronização do HCl, 6,25 é o fator de conversão para alimentos, 1,4 está relacionado ao peso molecular do nitrogênio, e P = massa tomada de amostra.

**Figura 5:** (a) início do processo de destilação com coloração rosa; (b) finalização do processo de destilação com coloração esverdeada.



Fonte: Autor (2024)

#### 4.3.2. Determinação do teor de lipídios

Para determinação de lipídios totais retirou-se uma massa aproximada de 2,5 gramas da amostra e a transferiu para pequenos filtros a base de celulose (Figura 6), previamente obtidos sua massa. Posteriormente, migrou-se esse papel de filtro ao aparelho extrator Soxhlet (Figura 7) e adicionou-se um volume médio de 100 mL de hexano ( $C_6H_{14}$ ). Ajustou-se a um condensador e se manteve em processo contínuo durante 6 horas de operação a 135°C.

**Figura 6:** Filtro a base de celulose contendo a amostra para análise do teor de lipídios.



Fonte: Autor (2024)

**Figura 7:** Extrator de lipídios para análise do teor de lipídios.



Fonte: Autor (2024)

Após esse tempo, foi realizada as pesagens novamente das amostras e foi realizada a determinação do teor de lipídios por meio da seguinte Equação 5:

$$\text{Lipídios Totais (\%)} = \frac{100 * N}{P} \quad \text{Equação 5}$$

Onde, N = massa de lipídios (massa final do balão menos a tara do balão) e P = massa tomada da amostra.

#### 4.3.3. Determinação do teor de cinzas (resíduo mineral fixo)

Inicialmente, foi retirada uma certa alíquota da amostra, a qual foi inserida em um cadinho previamente pesado e tarado, pois assim foi possível a determinação da massa da amostra, a qual foi um valor médio de 1 grama. Em seguida, o cadinho com a amostra foi calcinado vagarosamente em 100°C por aproximadamente 30 minutos. Por fim, o cadinho com a amostra foi transportado a um forno mufla, sendo aquecida até temperaturas de 800°C entre 6 horas, obtendo por fim um resíduo de coloração esbranquiçada/acinzentada, sendo calculado pela Equação 6:

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{100 * N}{P} \quad \text{Equação 6}$$

Em que:  $N$  = Massa de Cinzas (massa final da amostra menos a tara do cadrinho) e  $P$  = massa da amostra.

#### 4.3.4. Determinação do teor de umidade e carboidratos

Tal determinação foi realizada por meio de um determinador de umidade (Marconi, modelo id50, 220v e 250w), disposto na Figura 8, da qual é feito por meio de um processo de secagem a 105°C, removendo-se assim a evaporação dos teores de água e restando apenas a amostra seca. Dessa forma, pesou-se um valor médio de 1 grama de amostra e transferiu a um recipiente previamente tarado. Por fim, como tal balança liga a pesagem com a secagem (perda de umidade no tempo), os resultados dos teores de umidade são automaticamente fornecidos pelo equipamento.

O teor de carboidratos foi obtido por diferença com as análises de umidade, lipídios, proteínas e cinzas.

**Figura 8:** Balança com Secagem para obtenção do teor de umidade.



Fonte: Autor (2024)

#### 4.3.5 Determinação do pH das amostras

A determinação do pH foi feita por meio de pHmetro digital previamente calibrado em soluções-tampões de pH 4,00 e pH 7,00.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cinética fermentativa

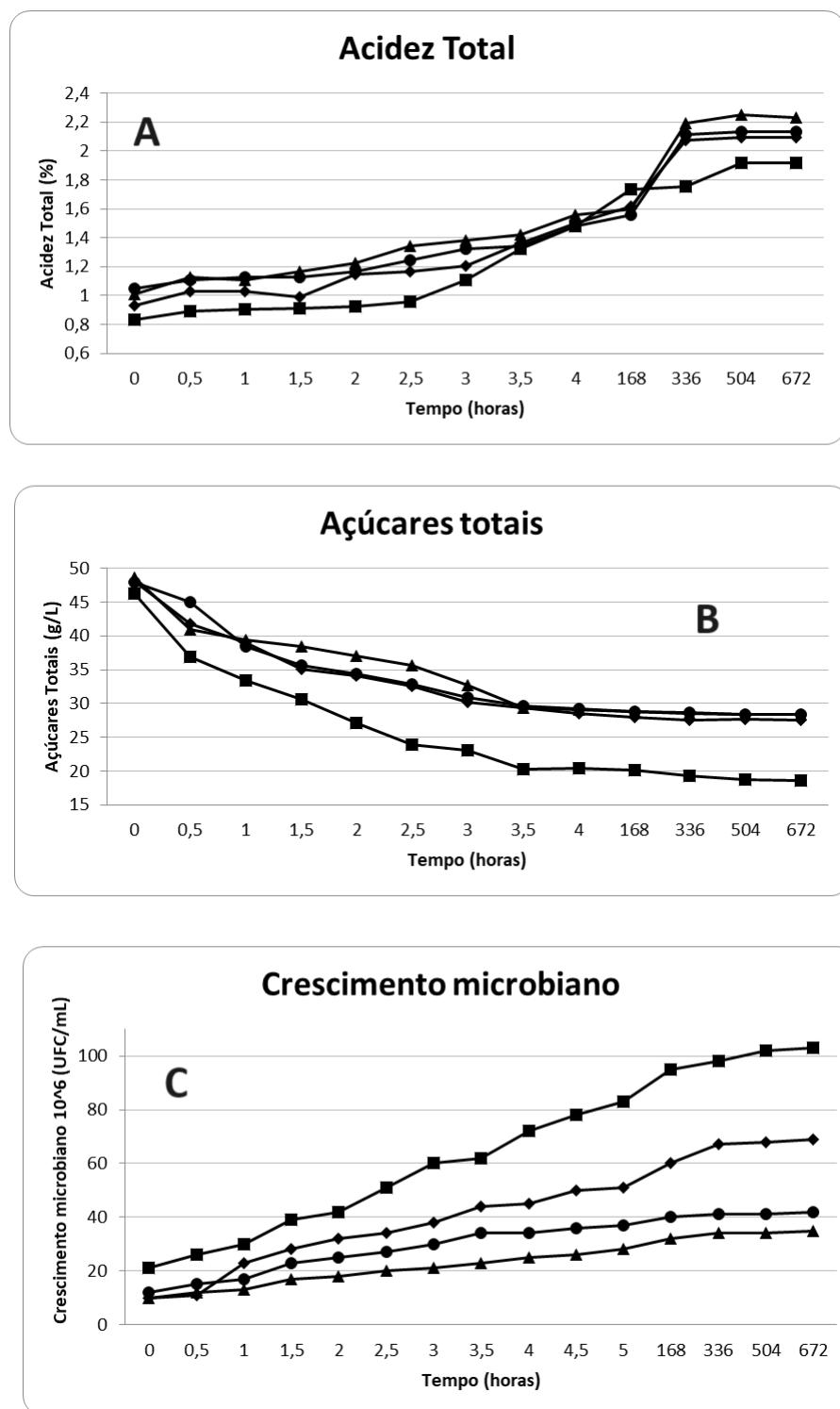
A Figura 9 apresenta os resultados obtidos durante o processo fermentativo para a formação de ácido total titulável, consumo de açúcares totais e crescimento das bactérias láticas. Inicialmente, ao analisar o perfil da curva cinética da formação do produto ácido láctico, percebe-se que a fermentação cumpriu o seu papel, isto é, houve o aumento do teor ácido na substância formada, calculado como ácido láctico (Figura 9A). Além disso, é possível verificar que o teor de acidez possuiu uma relação com o grau de concentração da cianobactéria. Logo, pode-se visualizar que com aumento da concentração de *Spirulina sp.* pode estar envolvido diretamente no desaceleração do crescimento das bactérias fermentadoras para a formação de ácido láctico. É possível visualizar também que a produção de ácido é majoritariamente formada nas primeiras 5 horas de fermentação.

Em relação ao consumo de substrato (Figura 9B), é possível inferir comportamento similar ao de formação de ácido, no entanto, com menor concentração de biomassa de cianobactéria (0,5%), houve um maior consumo de açúcares, embora tenha-se formado menor concentração de ácido nessa condição. No entanto, ao se avaliar o crescimento bacteriano (Figura 9C), percebe-se que nessa condição houve um maior crescimento de bactérias láticas, e que esse crescimento diminuiu com o aumento da concentração de *Spirulina* no iogurte. Logo, percebe-se que a biomassa da cianobactéria pode conter algum fator inibitório do crescimento das bactérias láticas, com consequente menor consumo de açúcares, mas com um certo desvio seu metabolismo à formação de produto (ácido).

Esse comportamento foi visualizado por Pan-Utai et al., 2020, onde foi feita incorporação ao leite *Arthospira (Spirulina) platensis* ao leite, com concentrações de 1%; 0,3%; 0,5% 1%; 5% e 10% (v/v) e foram adicionadas as culturas de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* em 3% (m/v), com fermentação conduzida por 4h à 43°C até pH 4,3 e por Mesbah et al., 2022, onde foi feita incorporação ao leite *Arthospira (Spirulina) platensis* ao leite, com concentrações de 0,5%; 1,0% e 1,5% (m/v) e foram adicionadas as culturas de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*, razão de 1:1, para 3% de inóculo (m/v), com fermentação conduzida à 42°C até pH 4,6, ambos obtiveram que

quanto maior a concentração de cianobactéria incorporada, menor é o crescimento das bactérias lácteas, e consequentemente menor consumo de açúcares totais.

**Figura 9:** Curva cinética de fermentação do iogurte. A) Acidez total titulável em % (ácido lático), B) Substrato (açúcares totais) em g/L e C) Crescimento celular (UFC/mL) (bactérias lácticas). Quadrado 0,5%; losango 1,0%; círculo 1,5%; triângulo 2,0% de *Spirulina* incorporada



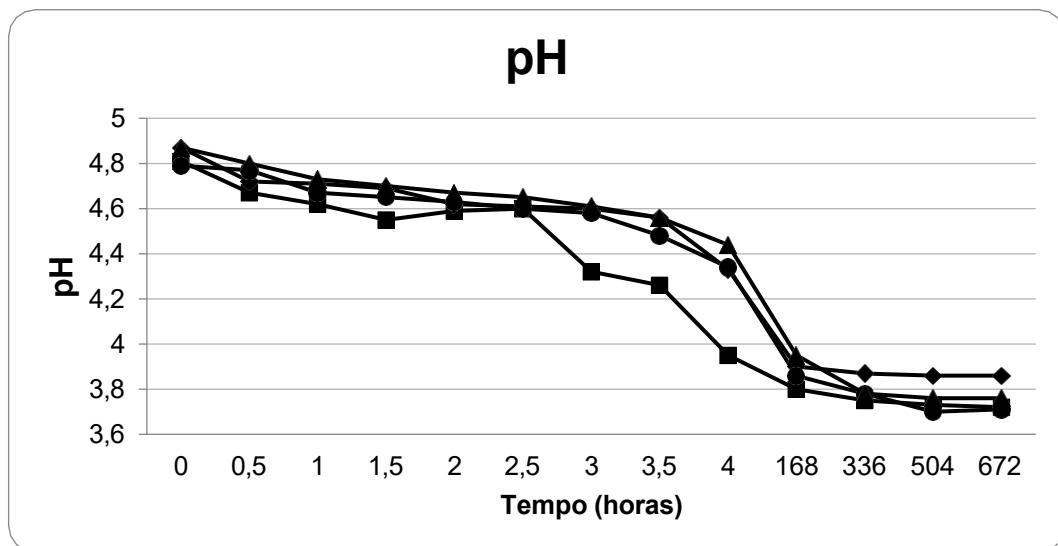
Fonte: Autor (2024)

Por fim, ao analisar os três parâmetros cinéticos em conjuntos, percebe-se uma adequação desse processo fermentativo à curva clássica da cinética de fermentação, o que indica uma assertividade do processo. Quanto às classificações clássicas de processo fermentativo, indica-se que quanto a classificação de Gaden (1959), o qual estabelece a relação entre crescimento de X e de P, pode-se dizer que é uma relação associada ao crescimento. Já quanto a classificação de Deindoerfer (1960), o qual classifica conforme a interação entre o substrato limitante e o(s) produto(s) formado(s), é simples uma vez que a formação principal é de ácido, contabilizado como ácido lático.

Em relação ao potencial hidrogeniônico, percebe-se uma redução do valor de pH ao longo do tempo (**Figura 10**), o que é um indicativo da produção dos ácidos metabolizados como produtos da reação, restando o produto com valores de pH entre 3,6 - 4,0 e sem aparente diferença significativa. Além disso, o pH indicativo da produção do ácido lático é em torno de 4,20 a 4,50, o que geraria um tempo médio de fermentação de 3,5 a 4,0 horas de fermentação (Schmidell, 2001; Mesbah et al., 2022; Pan-Utai et al., 2020).

Esse comportamento foi observado por Matos et. al. (2021), onde a fermentação foi conduzida por 4h à 43°C e por Ymaguchi et al. (2019), onde a fermentação foi conduzida por 4h à 42°C, ambos obtiveram uma diminuição de pH próximo de 4,0 com 4 h de fermentação.

**Figura 10:** Medições do pH ao longo do tempo de fermentação. Quadrado 0,5%; losango 1,0%; círculo 1,5%; triângulo 2,0% de *Spirulina* incorporada



Fonte: Autor (2024)

## 4.2 Composição centesimal dos iogurtes incorporados

A composição centesimal das amostras de iogurte mostrou que o teor de lipídeos, proteínas e cinzas, principalmente; sofreram incremento proporcional a incorporação por *Spirulina* (Tabela 5).

Percebe-se também que os valores de umidade no iogurte diminuíram com a incorporação por *Spirulina*, o que era esperado devido ao maior conteúdo de sólidos totais provenientes da biomassa adicionada, o que aumentou o conteúdo de ingredientes secos na formulação, como demonstrado por Pan-Utai et al. (2020), que obtiveram uma umidade em torno de 82% e com Barkallah et al. (2017) um valor de 84% para os iogurtes incorporados.

**Tabela 5:** Tabela com os valores físico-químicos obtidos.

Amostras	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)
0,5%	8,42 ± 0,05	4,12 ± 0,19	82,60 ± 0,01	0,77 ± 0,01	4,18 ± 0,12
1,0%	8,64 ± 0,02	4,43 ± 0,04	81,64 ± 0,22	0,88 ± 0,01	4,42 ± 0,23
1,5%	8,69 ± 0,08	5,17 ± 0,17	80,07 ± 0,28	0,96 ± 0,01	5,11 ± 0,05
2,0%	8,89 ± 0,02	5,49 ± 0,22	80,49 ± 0,24	0,97 ± 0,01	4,16 ± 0,11

Fonte: Autor (2024)

Para o teor de proteínas, a adição da cianobactéria ao iogurte proporcionou um aumento gradual a medida que a quantidade de biomassa algal incorporada foi aumentada. Os resultados encontrados neste estudo foram próximos os estudos de Ebid, Ali e Elewa (2022) e Nazir et al. (2022), com concentrações adicionadas de 2-5% de cianobactéria incorporada, obtendo um aumento na quantidade de proteínas no iogurte enriquecido entre 5,2-6,3%, evidenciando um aporte proteico adicional.

Em relação ao teor de cinzas, o comportamento foi semelhante ao demonstrado para o de proteínas. Similarmente, Ebid et al. (2022), que incorporou iogurte com biomassa algal em 5% (m/v), obteve aumento de 4% no teor de cinzas. Similarmente, Mesbah et al. (2022) e Nazir et al. (2022) que incorporaram 2-3% de cianobactéria obtiveram um aumento Entre 3,4-4% no teor de cinzas. É essencial destacar que possíveis cinzas presentes são sais minerais inorgânicos como sais de sódio, potássio e cálcio, os quais tendem a estar presente em substâncias de laticínios, logo obtendo uma compatibilidade com o produto (Menezes, 2016).

Da mesma forma, o teor de lipídeos foi maior na formulação com maior quantidade de *Spirulina* incorporada, apesar desse aumento ser mais singelo que o

teor de proteínas e de lipídeos. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Zaid et al. (2015), em que iogurte enriquecido com 2% de *Spirulina* apresentaram teores um pouco maior de lipídeos, de 1,02%. Já segundo Naziry et al. (2022), em que iogurte enriquecidos com 2% *Spirulina* apresentaram teores próximos de lipídeos, de 0,98%.

O teor de carboidrato variou em torno de 4-5%, sendo compatível com os valores encontrados por Nazir et al. (2022) e Mesbah et al. (2022) que encontraram valores entre 5-6% para iogurte incorporado com 2-3% de *Spirulina*. É importante ressaltar que a composição das cianobactérias e microalgas podem variar de acordo com as condições de cultivo como a temperatura e luminosidade, interferindo na quantidade maior ou menor do macrocomponente celular, devido a plasticidade bioquímica desses organismos, principalmente nos teores de proteínas, carboidratos e lipídeos (Jesus et al., 2018).

## 5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, é possível estabelecer que quanto às características da cinética de fermentação houve a correta adequação dos parâmetros, isto é, houve assertivamente a formação do produto de ácido lático, houve a decomposição do substrato e houve o crescimento de células de microrganismos. Houve uma diminuição do crescimento das bactérias lácticas com o aumento da incorporação de biomassa algal no iogurte, mas que não afetou significativamente a quantidade de ácido formada ao final da fermentação para as 4 concentrações de incorporação estudadas.

Quanto às características físico-químicas foi possível visualizar que os teores de proteínas, lipídios e cinzas foram os parâmetros mais afetados e seu incremento no iogurte incorporado foi proporcional a quantidade de *Spirulina* adicionada.

Por fim, o presente estudo analisou a cinética fermentativa e a composição centesimal dos iogurtes incorporados, mas além disso, características reológicas de aceitabilidade sensorial necessitam ser investigados para que o produto possa de fato se tornar um alimento comercializável.

## REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, Samy M; EDRIS, Amr E ; SADEK, Zainab. Novel approach for the inhibition of Helicobacter pylori contamination in yogurt using selected probiotics combined with eugenol and cinnamaldehyde nanoemulsions. *Food Chemistry*, v. 417, p. 135877–135877, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135877>>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Instrução Normativa - in nº 28, de 26 de julho de 2018. Diário Oficial da União. Publicado em: 27/07/2018 | edição: 144 | seção: 1 | página: 141. 2018.
- ANTONIO, M. B.; BORELLI, B. M. The role of lactic acid bacteria in the safety and quality of Minas artisanal cheeses. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora*, v. 75, n. 3, p. 204-221, 2020;
- ALMEIDA, C.P.; ROCHA, J.C.; CARITA, J.S.; SOUZA, P.V.S. Biotecnologia na produção de alimentos. Dossiê técnico, 2011. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY3Ng==>>. Acesso em: 05 ago 2023.
- ALMEIDA, L. M. R: Incorporação de biomassa de spirulina sp. para o desenvolvimento e caracterização de alimento funcional. 2018. Dissertação de mestrado. Faculdade de Farmácia. Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- AMBROSI, M. A.; REINEHR, C. O.; BERTOLIN, T. E.; et al. Propriedades de saúde da microalga Spirulina. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v. 29, n. 2, p. 115-123, 2008.
- AVILA-LEON, I.; MATSUDO, M. C.; SATO, S.; et al. Arthospira platensis biomass with high protein content cultivated in continuous process using urea as nitrogen source. *Journal of Applied Microbiology*, v. 6, n. 112, p. 1086-1094, 2012
- BENKOUIDER, C. The world's emerging markets. *Functional Foods and Nutraceuticals*. 2005. Available at: <http://www.ffnmag.com/NH/ASP/strArticleID/770/strSite/FFNSite/articleDisplay.asp> Acesso em: 06 ago 2023.
- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Rev. Nutr., Campinas*, 12(2): 123-130, maio/ago., 1999.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. *Química de Alimentos*. São Paulo: Varela, 2005

BOLINI, H. M. A & MORAES, P. Tese mostra que análise sensorial incrementaria produção de iogurte. Jornal da Unicamp, 253:11. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. Campinas, v. 15, n. 3, p. 191-197, jul./set. Braz. J. Food Technol, 2012.

CARNEIRO, Wanderson dos Santos. Estudo do processo de aglomeração da cianobactéria *Spirulina platensis* em leito fluidizado visando aplicação em área alimentícia. 2024. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

DEINDOERFER, F. H., WEST, J. M. Rheological examination of some fermentation broths. Journal of Biochemical and Microbiological Technology and Engineering, V. 2, N. 2, 1960;

EBID, Warda M. A.; ALI, Gehad S.; ELEWA, Neimat A. H. Impact of *Spirulina platensis* on physicochemical, antioxidant, microbiological and sensory properties of functional labneh. Discover Food, v. 2, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s44187-022-00031-7>>. Acesso em: 4 nov. 2022.

FAO. A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular n. 1034 FIMA/C1034 (En). Rome, 2018.

FERREIRA, A.; DEMUTTI, C. M.; GIMENEZ, P. E. O.; A Teoria das Necessidades de Maslow: A Influência do Nível Educacional Sobre a sua Percepção no Ambiente de Trabalho. Rio de Janeiro. XIII SEMEAD Seminário de Administração. 2010.

FOLLE, Tamires Zuleica; MACCARI, Emilia; ARMIGLIATTO, Milene; FRANÇA, Taiana; BERTOLIN, Telma Elita; FORMIGHIERI, Camila Pez; REINEHR, Christian Oliveira; COLLA, Luciane Maria. PRODUÇÃO DE IOGURTE PROBIÓTICO ADICIONADO DE MICROALGA *Spirulina platensis*. VI Simpósio de Alimentos, v. 7, p. 415-450, 2009. Disponível em: <[https://www.upf.br/\\_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2009/todos/69.pdf](https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/simposio-sial-anais/2009/todos/69.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2023.

GADEN, E. L. Jr. Fermentation process kinetics. Journal of biochemical and microbiological technology and engineering. Presented at the 134<sup>th</sup> National

Meeting of the American Chemical Society, Chicago, September 1958. Publicado em 1959.

GOUVEIA, E. R.; NASCIMENTO, R. T.; SOUTO-MAIOR, A. M.. Validação de metodologia para a caracterização química de bagaço de cana-de-açúcar. Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1500-1503, 2009

HABIB, M. A. B.; PARVIN, M.; HUNTINGTON, T. C.; et al. A review on culture, production and use of *Spirulina platensis* as food humans and feeds for domestic animals and fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations, v. 1034, p. 1-33, 2008.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Aldolfo Lutz, 1018p, 2005;

KANDLER, O.; WEISS, N. *Lactobacillus*. In: SNEATH, P. H. A.; MAIR, N. S.; SHARPE, M. E.; HOLT, J. G. Bergey's manual of systematic bacteriology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1986.

KOH, F.M. Physicochemical properties of pepper mash fermented in wood and plastic. 2005. 86 f. Dissertação de mestrado. Faculdade de Louisiana, Louisiana-EUA.

KRAUS, A. Factors influencing the decisions to buy and consume functional food. British Food Journal, v. 117, n. 6, p. 1622-1636, 2015.

LAFARGA, T.; FERNÁNDEZ-SEVILLA, J. M.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, C.; ACIÉNFERNÁNDEZ, F. G. Spirulina for the food and functional food industries. Food Research International, v. 137, p. 109356, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114239>>. Acesso em: 20 Nov. 2023;

LÓPEZ, E. P. Superalimento para un mundo en crisis: *Spirulina platensis* a bajo costo. Idesia, v. 31, n. 1, p. 135-139, 2013.

JESUS, C. S., UEBEL, L. S., COSTA, S. S., MIRANDA, A. L., DE MORAIS, E. G., DE MORAIS, M. G., COSTA, J. A. V., NUNES, I. L., FERREIRA, E. S., & DRUZIAN, J. I. Outdoor pilot-scale cultivation of *Spirulina* sp. LEB-18 in different geographic locations for evaluating its growth and chemical composition. Bioresource technology, 256, 86-94, 2018;

MARCINKOWSKA-LESIAK, M.; ONOPIUK, A.; ZALEWSKA, M.; et al. The effect of different level of *Spirulina* powder on the chosen quality parameters of shortbread biscuits. Journal of Food Processing and Preservation, v. 42, n. 3, p. e13561, 2018.

MATOS, Joana; AFONSO, Cláudia; CARDOSO, Carlos; et al. Yogurt Enriched with Isochrysis galbana: An Innovative Functional Food. Foods, v. 10, n. 7, p. 1458, 2021. Disponível em: <[10.3390/foods10071458](https://doi.org/10.3390/foods10071458)>. Acesso em: 7 nov. 2022.

MENEZES, W. E.; PURGATTO, E. Determinação de cinzas em alimentos. Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, 2016.

MILK POINT, 2021. Mercado global de iogurte deve ultrapassar US\$ 100 bilhões. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/mercado-global-de-iogurte-deve-ultrapassar-us-100-bilhoes-228464/#>>. Acesso em: 06 ago de 2023;

NAZIR, Fahid; SAEED, M A; ABBAS, Asad; et al. Development, quality assessment and nutritive valorization of *Spirulina platensis* in yogurt spread. *Food Science and Applied Biotechnology*, v. 5, n. 2, p. 106–106, 2022. Disponível em: <[10.30721/fsab2022.v5.i2.173](https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i2.173)>. Acesso em: 24 jul. 2023.

NEUMANN, P.; de la CRUZ, A. I.; ABREU, E. S. D.; et al. Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutracêuticos....você já ouviu falar? *Higiene Alimentar*. v. 14, p. 19-23, 2002.

OLIVEIRA, E. de A. M.; SOLDI, C. L.; CAVEIÃO, C.; SALES, W. B. Viable Lactic Acid Bacteria In Fermented Milks. *Revista Univap*, v. 24, n. 46, 2018;

PAN-UTAI, Wanida; ATKONGHAN, Jariya; ONSAMARK, Tipakorn; et al. Effect of Arthrospira Microalga Fortification on Physicochemical Properties of Yogurt. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, p. 531–540, 2020. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.2.19>>. Acesso em: 28 out. 2020.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Editora Varela, 2005.

PLAZA, M.; HERRERO, M.; CIFUENTES, A.; et al. Innovative Natural Functional Ingredients from Microalgae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, p. 7159–7170, 2009.

PRESTES, J.; BUCCI, M.; URTADO B. C.; CARUSO F. G.; PEREIRA M.; CAVAGLIEIRI C. R.; Metabolismo Lipídico: suplementação e performance humana, *SAÚDE REV.*, Piracicaba, 8(18): p. 49-54, 2006

ROBERTO, P. S. Photosynthetic bioenergy utilizing CO<sub>2</sub>: Na approach on flue gases utilization for third generation biofuels. *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 53-65, 2015.

ROBERTSON, Ruairi C.; GRACIA MATEO, Maria Rosa; O'GRADY, Michael N.; et al. An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science &*

- Emerging Technologies, v. 37, p. 237–246, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.03.017>>. Acesso em: 7 jun. 2022.
- ROGERO, Marcelo Macedo e TIRAPEGUI, Júlio. Proteínas. Nutrição, fundamentos e aspectos atuais. Tradução. São Paulo: Atheneu, 2013.
- SANTOS, K. R. S. Estudos de Desenvolvimento, Moleculares e do Potencial Biotecnológico em Cepas de Cianobactérias provenientes de lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil: *Anabaenopsis elenkinii* (Nostocales) e *Arthospira platensis* (Oscillatoriales). 2013. Tese (Biologia) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.
- SCHMIDELL, W. LIMA, U.A., AQUARONE, E., BORZANI, W. Biotecnologia Industrial, Volume 2, Engenharia Bioquímica, 1a ed., São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda., 2001, 541 p.
- SILVA, T.C. et al. Papel da fermentação lática na produção de silagem. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 998, 2011.
- SHIMAMATSU, H. Mass production of *Spirulina platensis* an edible microalga. Hydrobiologia, v. 512, n. 1, p. 39-44, 2004
- SONI, R. A.; SUDHAKAR, K.; RANA, R. S. Spirulina—From growth to nutritional product: A review. Trends in food science & technology, v. 69, p. 157-171, 2017.
- SOUZA, P. H. M.; SOUZA, N. M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.
- SOUSA, T. L. T. L. ; SILVA, A. M. de S. ; SILVA, M. K. G. da ; LIMA, G. S. de ; VELOSO, R. R. ; SHINOHARA, N. K. S. . Counting of lactic bacteria in yogurts and dairy drinks in the metropolitan region of Recife-PE. Research, Society and Development, v. 11, n. 15, e157111537002, 2022;
- TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. rev. e ampl. 161 p. Campinas: NEPA – UNICAMP. 2011.
- TAIPINA, M. S.; FONTS, M. A. S.; COHEN, V. H. Alimentos funcionais – nutracêuticos. Higiene Alimentar. v. 16, n. 100, p. 28-29, 2002.
- TREVELYAN, E.; HARRISON, J.S., FORREST, R.S. Determination of yeast carbohydrates with the Anthrone reagent. Nature, v.170, 626-627, 1952.
- WOOLFORD, M.K. & SAWCZYK, M.K. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. 1. Strain selection. Grass Forage Science. 39:139-148, 1984.

YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; FILHO, D. F. S.; YUYAMA, K.; VAREJÃO, M. J.; FÁVARO, D. I. T.; VASCONCELLOS, M. B. A.; PIMENTEL, S. A.; CARUSO, M. S. F. Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de Verde et al. Revista Valore, Volta Redonda, 4 (Edição Especial): 70-83., 2019 83 diferentes ecossistemas amazônicos. Acta Amazonica, v. 41, n. 4, p. 545-552, 2011.

ZARRIN, Rasoul; GHASEMPOUR, Zahra ; MAHMOOD, Rezazad Bari ; et al. INVESTIGATING THE EFFECTS OF MICROALGAE SPIRULINA PLATENSIS AND ZEDO GUM ON PROBIOTIC YOGURT. JRIFST, v. 3, n. 3, p. 197–210, 2014. Disponível em: <[10.22101/jrifst.2014.10.23.331](https://doi.org/10.22101/jrifst.2014.10.23.331)>. Acesso em: 24 jul. 2023.

ZAID, A. A.; HAMMAD, D. M.; SHARAF, E. M. Antioxidant and Anticancer Activity of *S. platensis* Water Extracts. International Journal of Pharmacology, v. 11, n.7, p.846-851, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s44187-022-00031-7>>. Acesso em: 4 nov. 2022.

ZHANG, L.; CHEN, L.; WANG, J.; et al. Attached cultivation for improving the biomass productivity of *Spirulina platensis*. Bioresource technology, v. 181, p. 136- 142, 2015.

YAMAGUCHI, SKF; MOREIRA, JB; COSTA, JAV; SOUZA, CKDE; BERTOLI, SL; CARVALHO, LF DE. Evaluation of adding Spirulina to freeze-dried yogurts before fermentation and after freeze-drying. Ind Biotechnol, v. 15, n. 2, p. 89-94, 2019. Disponível em: <[doi.org/10.1089/ind.2018.0030](https://doi.org/10.1089/ind.2018.0030)>. Acesso em: 28 out. 2022.



## TERMO DE AUTORIZAÇÃO

*Graduação – Especialização – Mestrado – Doutorado – Memorial acadêmico – Relatório científico/Pós-doutorado*

Na qualidade de titular dos direitos autorais deste trabalho, concedo ao Repositório Institucional da Universidade Federal de Alagoas, doravante nomeado RI/UFAL, o direito não-exclusivo de depositá-lo em sua base de dados (<http://www.repositorio.ufal.br>) e de distribuí-lo mundialmente, na íntegra e sem ressarcimento dos direitos autorais, conforme as permissões abaixo assinaladas, como também, de acordo com a Lei n. 9.610/98, para fins não comerciais, leitura, impressão, download e demais usos que se fizerem necessários para a divulgação da produção científica brasileira a partir desta data.

### 1 Tipo do trabalho

<input type="checkbox"/>	Dissertação + Produto Educacional
<input type="checkbox"/>	Dissertação
<input type="checkbox"/>	Tese
<input checked="" type="checkbox"/>	Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)
<input type="checkbox"/>	Trabalho de Conclusão de Curso (especialização)
<input type="checkbox"/>	Memorial Acadêmico
<input type="checkbox"/>	Relatório Científico/Pós-doutorado

### 2 Identificação do trabalho:

1º Autor(a)	Marcos Vinicius Azevedo Figueiredo
Lattes <sup>1</sup>	<a href="http://lattes.cnpq.br/9502136930715762">http://lattes.cnpq.br/9502136930715762</a>
2º Autor(a) <sup>2</sup>	
Lattes <sup>1</sup>	
Orientador(a)	Carlos Eduardo de Farias Silva
Lattes <sup>3</sup> Orientador(a)	<a href="http://lattes.cnpq.br/0395823528382046">http://lattes.cnpq.br/0395823528382046</a>
Coorientador(a)	Rosana Correia Vieira

1 Este campo deve ser obrigatoriamente preenchido com o link do currículo Lattes do(a) autor(a), no caso de relatórios científicos de pós-doutorado, trabalhos de conclusão de curso (TCC) oriundos de pós-graduação lato sensu (especialização), teses, dissertações e memoriais acadêmicos; sendo opcional para TCC provenientes de cursos de graduação.

2 Em caso de coautoria (mais de um autor) ou autoria coletiva (vários autores), todos os nomes devem ser informados, assim como os respectivos currículos Lattes (informação obrigatória para dissertação e tese).

3 Este campo deve ser obrigatoriamente preenchido com o link do currículo Lattes do(a) orientador(a), no caso de relatórios científicos de pós-doutorado, TCC oriundos de pós-graduação (lato sensu), TCC provenientes de graduação, dissertações e teses. Este item não se aplica a memoriais acadêmicos.



**Membros da Banca:**

<b>1º Membro</b>	Prof. Dr. Jorge José de Brito Silva
<b>2º Membro</b>	Profa. Dra. Renata Maria Rosas Garcia Almeida
<b>3º Membro</b>	
<b>4º Membro</b>	
<b>5º Membro</b>	

<b>Data da Defesa:</b>	20/03/2024
------------------------	------------

**Título do trabalho no idioma original:**

Produção e Caracterização de iogurte Incorporado por Spirulina sp.

**Palavras-chave no idioma original:**

Indústria do leite, fermentação láctica, bactérias lácticas.

**Título do trabalho em outro idioma (quando houver):**

Production and characterization of Yogurt Incorporated by Spirulina sp.

**Palavras-chave em outro idioma (quando houver):**

Dairy industry, lactic fermentation, lactic acid bacteria.



**Curso de graduação/Programa de pós-graduação/Unidade:**

Engenharia Química

**Agência de fomento (Capes, CNPq, Fapeal, etc.) / Preencha quando houver e informe qual:**

**4 Informação de acesso ao documento:**

Liberação para publicação:	<b>Total</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>Embargado<sup>4</sup></b>	<input type="checkbox"/>

**Em caso de acesso embargado, justifique no campo abaixo:**

**5 Endereço do depositante para contato:**

<b>Logradouro:</b>	Rua Industrial Clímerio Sarmento		
<b>Nº</b>	21	<b>Compl.:</b>	Apto 301
<b>CEP:</b>	57036590		
<b>Cidade:</b>	Maceió	<b>Estado:</b>	Alagoas
<b>Tel.(s):</b>	(82) 98860-3798		
<b>E-mail:</b>	mvaf2015@gmail.com		
<b>Data de entrega do documento:</b>	04/05/2024		

**4 O embargo poderá ser mantido por até 01 (um) ano a partir da data de entrega do documento, informada no termo de autorização, salvo o resumo e os metadados (elementos referenciais) que ficarão sempre disponibilizados, em cumprimento à Portaria nº 13/2006 da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). A prorrogação do prazo do embargo deverá ser feita no transcurso do primeiro ano do embargo, sendo necessária a justificativa junto ao RI/UFAL. A falta do requerimento da prorrogação do embargo dentro do prazo mencionado resultará na liberação imediata e automática de todo o conteúdo da produção científica.**



Declaro, para os devidos fins, que:

- O documento entregue é meu trabalho original, sobre o qual ainda detenho o direito exclusivo de dispor dos direitos autorais, sem infringir direitos de terceiros.<sup>5</sup>
- O documento fornecido se trata da versão final do trabalho, devidamente corrigida conforme as recomendações da banca examinadora (quando for o caso).
- O documento entregue contém material de titularidade de terceiros, para o qual foi(ram) obtida(s) a(s) devida(s) autorização(ões) do(s) detentor(es) dos direitos autorais com o fim licenciar o documento conforme as permissões atribuídas. O material de titularidade de terceiros está devidamente identificado e expresso no documento entregue.<sup>6</sup>
- O documento fornecido foi elaborado com base em trabalho financiado/apoiado por instituição de fomento, sendo todas as obrigações estipuladas no contrato ou acordo integralmente cumpridas.<sup>7</sup>
- No documento submetido não há divulgação de dados sensíveis, estando o trabalho em conformidade com as disposições da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei n. 13.709/2018).<sup>8</sup>

Declaro, por fim, que estou ciente de que o conteúdo submetido é de minha inteira responsabilidade.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARCOS VINICIUS AZEVEDO FIGUEIREDO  
Data: 04/05/2024 09:46:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

### Assinatura do(a) depositante

5 Esse item deve ser assinalado quando o documento possuir apenas um(a) autor(a).

6 Esse item deve ser assinalado quando o documento possuir mais de um(a) autor(a).

7 Esse item deve ser assinalado sempre que o trabalho tiver o financiamento de alguma agência de fomento.

8 Saiba sobre o conteúdo da LGPD em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm)