

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**BRUNO OLIVEIRA ROVERE**

**DIEGO VINICIUS FAUST**

**APLICAÇÃO DO PROCESSO DE FOTO ESTIMULAÇÃO COM LUZ  
VISÍVEL NA PRODUÇÃO DE IOGURTE NATURAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**BRUNO OLIVEIRA ROVERE**

**DIEGO VINICIUS FAUST**

# **APLICAÇÃO DO PROCESSO DE FOTO ESTIMULAÇÃO COM LUZ VISÍVEL NA PRODUÇÃO DE IOGURTE NATURAL**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 com requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Doutor Marcio Silva

Co-orientadora: Professora Doutora Sabrina Avila Rodrigues

**PONTA GROSSA**

**2016**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná**

Campus Ponta Grossa



Nome da Diretoria  
Nome da Coordenação  
Nome do Curso

---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

APLICAÇÃO DO PROCESSO DE FOTO ESTIMULAÇÃO COM LUZ VISÍVEL NA  
PRODUÇÃO DE IOGURTE NATURAL

por

**BRUNO OLIVEIRA ROVERE**

**DIEGO VINICIUS FAUST**

Este Trabalho de Conclusão de Curso – TCC foi apresentado em 9 de novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr Marcio Silva  
Prof. Orientador

---

Profa. Dra. Sabrina Avila Rodrigues  
Profa. Co-orientadora

---

Prof. Me. Luis Alberto Chavez Ayala  
Membro titular

---

Profa. Dra Giane Gonçalves  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de  
Engenharia Química

Dedicamos este trabalho a nossa família  
que sempre estiveram do nosso lado.

Cada dia que amanhece assemelha-se a  
uma página em branco, na qual gravamos  
nossos pensamentos, ações e atitudes.  
Na essência, cada dia é a preparação de  
nosso próprio amanhã.  
(XAVIER, Chico)

## **AGRADECIMENTOS**

Claramente palavras não trarão o peso da gratificação que sentimos por todas as pessoas que fizeram parte e tornaram possível essa realização. Desde já pedimos desculpas às pessoas não citadas, mas certo da compreensão de todos que estão em nossos pensamentos, pois fizeram parte em algum momento importante de nossas vidas.

Agradecemos ao Professor Doutor Márcio Silva e à Professora Doutora Sabrina Avila Rodrigues pela experiência e conhecimento compartilhado que certamente nos guiou para tal realização. Também ao Técnico de Laboratórios Luciano Tozetto por ter fornecido a base para nossa ideia.

Ao corpo docente do curso de Engenharia Química e nossos colegas de graduação.

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família, minha mãe (Stella Maris de Oliveira) e minha irmã (Mariana Oliveira Rovere), bem como meus avós (Deobaldo e Terezinha), com certeza sem o suporte de vocês nada disso seria possível. Agradeço às pessoas que convivi ao longo desse período: Annelise, Denis, Hebert, José, Kátilla, Klinsmann, Laisa, Lenon, Ligia, Marília, Pedro, Reyner, Rudson, Thiago, Wesley, Yugo e de forma incondicional ao meu amigo Johnata Henrique Rodrigues. Vale lembrar as pessoas que fizeram parte do início de minha vida acadêmica: Jhonny, Maycon, Rodrigo Becker, Neto, Rodrigo Falcão, Paulo, João Rodrigo, João Paulo, Antonio Roberto, Pedro e Thiago. De maneira especial gostaria de agradecer à pessoa que possui meu amor maior, Flavia Hauer Anfilo. Por Bruno Oliveira Rovere.

Agradeço meus pais e família que deram todo apoio e formação de caráter, aos amigos e professores presentes na rotina da faculdade, amigos e técnicos que conheci devido ao esporte e amigos irmãos os quais aparecerem na minha vida para somar e me fazer crescer, em especial a Mariana Nascimento a qual comemora junto as vitórias e cresce nas derrotas.

Por Diego Vinicius Faust.

## RESUMO

FAUST, V. D.; ROVERE, B. O. Aplicação do processo de foto estimulação com luz visível na produção de iogurte natural. 2016. 54 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa ano de 2016.

A foto estimulação é um processo utilizado nas áreas de saúde através de LASERS ou lâmpadas LED para secar resinas e tratar doenças. Atualmente a procura por alimentos saudáveis tem aumentado e o iogurte natural tem sido uma alternativa. A otimização de processos é uma busca constante das indústrias em geral com esta visão o presente trabalho tem por objetivo desenvolver o equipamento e a metodologia para aplicação da foto estimulação na produção de iogurtes naturais e verificar se há interferência desse procedimento no meio, através de experimentos para análises de abaixamento de pH, acidez, cor e viscosidade. O equipamento apresentou funcionamento satisfatório e no meio da fermentação a foto estimulação é positiva para os primeiros 90 minutos para o abaixamento de pH, já para cor, não se obteve resultados esclarecedores e para viscosidade a amostra foto estimulada com luz azul sobressaiu-se as demais.

Palavras-chave: Foto estimulação, LED, iogurte, fermentação láctica.

## **ABSTRACT**

### **Abstract**

FAUST, V. D.; ROVERE, B. O. Application of photo stimulation process with visible light in natural yoghurt production. 2016. 54 sheets. Thesis (Bachelor's Degree in Chemical Engineering) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa year 2016.

The photo stimulation is a process used in the areas of health through lasers or LED bulbs for drying resins and treating diseases. Currently the looking for healthy foods has increased and the natural yoghurt has been an alternative. Processes optimization is a constant search of industries in general, so that the present work aims to develop the equipment and the methodology for implementation of photo stimulation in the production of natural yoghurt and verify if there is interference of this procedure in the medium, through experiments to analyze the lowering of pH, acidity, color and viscosity. The equipment presented satisfactory operation and in the middle of the fermentation process the photo stimulation is positive for the first 90 minutes for the lowering of pH, as for color, there was no clear results and to viscosity of the sample photo stimulated with blue light stood out from the others.

Keywords: Photo stimulation, LED, yogurt, lactic fermentation.



## LISTA DE ABREVIATURAS

nm	nanômetro
g	gramas
mL	mililitro
UV	ultravioleta
BG-250	Coomassie brilliant blue
m/v	massa/volume
m/m	massa/massa
%	por cento

## LISTA DE SIGLAS

LED	Diodo Emissor de Luz
LAZER	Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação
USP	Universidade de São Paulo
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
pH	Potencial de Hidrogênio
ATP	Adenosina trifosfato
ADP	Adenosina difosfato
NADP	Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato
NADH	Nicotinamida adenina dinucleotídio
NAD	Nicotinamida adenina dinucleotídio
P	Fósforo
°C	Graus Celsius
InGaN	Índio, Gálio e Nitrogênio
AlInGaP	Alumínio, Índio, Gálio e Fósforo
°D	Graus Dornic
cP	Centipoise

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA .....	13
1.2 OBJETIVO GERAL .....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	13
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1 IOGURTE .....	15
2.2 LEITE .....	16
2.2.1 CONSTITUINTES DO LEITE .....	16
2.3 BACTÉRIAS ACIDOLÁCTICAS .....	17
2.4 FERMENTAÇÃO LÁCTICA .....	18
2.4.1 CONSUMO DA LACTOSE .....	18
2.4.2 PARÂMETROS DE PROCESSO .....	19
2.5 INTOLERÂNCIA A LACTOSE .....	21
2.6 DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED) .....	21
2.7 FOTO ESTIMULAÇÃO .....	23
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	23
3.2 LOCAL DA PESQUISA .....	24
3.3 MATERIAIS .....	24
3.3.1 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO .....	24
3.3.2 FOTO ESTIMULAÇÃO .....	26
3.3.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE DA COR .....	27
3.3.4 ACIDEZ .....	27
3.3.5 VISCOSIDADE .....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>29</b>
4.1 EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO PARA APLICAÇÃO DA FOTO ESTIMULAÇÃO .....	29
4.2 ACIDEZ .....	31
4.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE DA COR .....	37
4.4 REOLOGIA .....	40
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>47</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A foto estimulação é uma técnica muito utilizada em diversas áreas da saúde tais como, odontológica, neurológica, pediátrica, com emissão de luz através de LASER (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação) ou lâmpadas LED (diodo emissor de luz). Tal técnica também pode ser empregada para secar resinas, tratar doenças ou estimular a atividade de crianças entre outras aplicações, entretanto, existem poucas referencias de estudos realizados na área de alimentos.

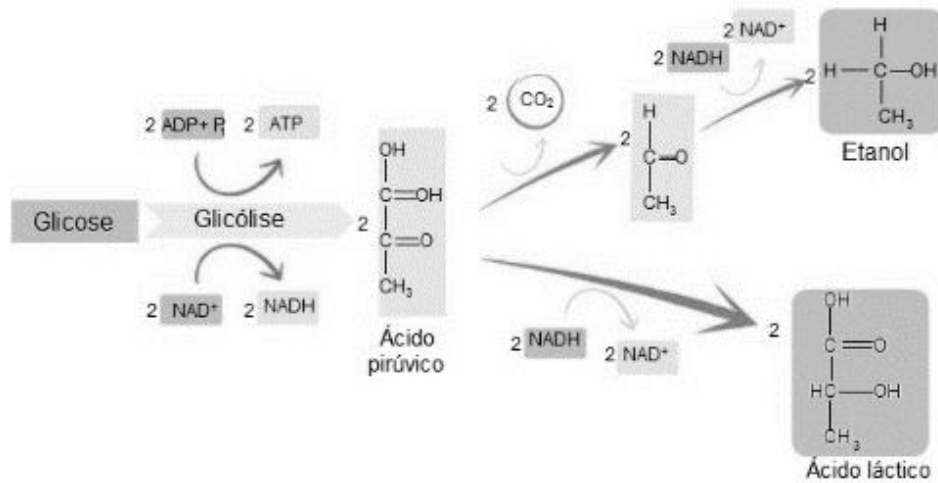
A associação da resposta celular à foto estimulação não é uma propriedade específica da luz LASER, como a coerência, permitindo assim, o estudo com fontes emissoras de luz não coerentes conforme lâmpadas LED (SIQUEIRA *et al.*, 2009). Nos últimos anos a população mundial vem buscando aumentar o consumo de alimentos saudáveis, incluindo em sua dieta produtos como iogurtes, além de que as indústrias estão sempre buscando alternativas de baratear a produção.

Apesar da queda das vendas, o mercado interno do brasil de iogurte fechou o ano de 2015 com aumento de receita, segundo a Euromonitor International, o aumento em valor foi de 7,8%, em um total de R\$ 14,64 bilhões. Para os próximos anos, a Euromonitor prevê que o mercado crescerá por ano, em média, 4,2% em receita, chegando em 2020 a R\$ 17,95 bilhões (EQUIPE MILKPOINT, 2016). A indústria de laticínios corresponde a 8% da indústria de alimentos no país (VENTURINI FILHO, 2010). Estes números mostram o quão importante é esse setor no Brasil, movimentando bilhões de reais por ano.

Recentemente foi descoberto por pesquisadores da USP (Universidade de São Paulo), que se pode aumentar a velocidade da fermentação alcoólica na produção de cerveja cerca de 20% sem afetar a qualidade do produto final, com a utilização de um processo chamado foto estimulação, onde se faz o uso de fontes de luz dentro do fermentador para que assim os microrganismos presentes no mosto produzam o álcool de forma mais eficiente, barateando o custo do processo (USP, 2010).

O uso de lâmpadas LED no processo de foto estimulação é vantajoso também no que diz respeito à economia de energia devido ao baixo consumo de eletricidade, além disso, esse tipo de lâmpada não emite calor, portanto, não fornece calor para o processo de fermentação.

**Figura 01: Esquema processo de fermentação.**



Fonte: (SANTOS, 2016)

Na figura 1 percebemos que a fermentação láctica e alcoólica tem muito em comum, diferindo nos microrganismos e produtos finais, enquanto, a fermentação alcoólica é realizada pelo *saccharomyces cerevisiae* e produz álcool e CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), a fermentação láctica é resultado da ação dos lactobacilos produzindo ácido láctico. O presente trabalho irá verificar como a luz (branca, azul e vermelha), proveniente de fonte de LED irá interferir no processo da fermentação láctica na produção do iogurte natural.

### 1.1 PROBLEMA

A foto estimulação com aplicação de luz visível interfere no processo de fermentação láctica de iogurte natural?

### 1.2 OBJETIVO GERAL

Investigar a influência da luz no espectro visível, vermelho (620 - 750 nm (nanômetro)), azul (450 - 495 nm) e branca (380 - 750 nm) sobre a fermentação láctica na produção de iogurte.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desenvolver equipamento para aplicação da foto estimulação.

- Desenvolver metodologia para o experimento de foto estimulação na fermentação láctea do iogurte natural.
- Fazer análise físico-química dos produtos obtidos a partir dos experimentos de foto estimulação.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

O processo de fermentação láctica relacionado à interferência de luz no espectro do visível carece de estudos, sobretudo considerando os estudos recentes envolvendo a fermentação alcoólica. Com base na patente apresentada por pesquisadores da USP publicada em 2013, onde foi descoberta uma forte interação da luz no processo de fermentação alcoólica e sabendo que existem muitos fatores que se relacionam no processo de fermentação alcoólica e láctica, vislumbrou-se a possibilidade do estudo aplicado na fermentação láctica. Este trabalho tem como finalidade buscar novos conhecimentos de modo a acrescentar argumentos em discussões futuras sobre o assunto.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IOGURTE

Segundo BRASIL (2007), o iogurte é o produto resultante da fermentação láctea por consequência da ação do *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus* como culturas isoladas ou mistas, bem como a partir de inóculo do produto já fermentado que contém os microrganismos fermentadores, o Yoghurt, iogurte ou Yogur propriamente dito podendo-se adicionar outras substâncias alimentícias, aerando ou não dependendo do tipo de iogurte e seguindo de resfriamento, ao final o leite contido deve estar em uma proporção mínima de 70% (g/100g) do produto.

Existem diversas variedades de iogurte, entre elas se encontram o iogurte Natural, Grego, Batido, *Light*, Coalhada e Frozen. Grego é o iogurte sem soro do leite, podem ser adicionados saborizantes e espessantes. Já o Batido, tem consistência líquida e cremosa, o leite coagulado é agitado para diluir o coágulo. *Light* tem 25% menos de gordura ou açúcar que a receita original e é produzido com leite desnatado e semidesnatado. Coalhada consiste no leite fermentado e coagulado com sabor ácido tradicional da cozinha árabe. E por fim, o Frozen que tem consistência dos sorvetes de massa italiana pode levar leite em pó para aumentar a cremosidade (NAGASE, 2013).

O iogurte natural, objeto de estudo do presente trabalho é caracterizado pela transformação do leite em iogurte sem adição de qualquer tipo de componente como açúcar, frutas e corantes. E por possuir sabor ácido e textura consistente (NAGASE, 2013).

O iogurte é constituído por proteínas, carboidratos, fósforo e vitaminas, tendo seu valor nutritivo determinado pela composição, matéria-prima utilizada, ingredientes adicionados e processo de fabricação (EARLY, 2000 *apud* ROBIM, 2001).

Para obter-se um produto final satisfatório, é preciso monitorar aspectos como características físico-químicas da matéria-prima, ingredientes adicionais, tratamento térmico, homogeneização e os meios de cultura utilizados para fermentação (ROBIM, 2001).

## 2.2 LEITE

### 2.2.1 Constituintes do Leite

Os principais constituintes do leite são água, gordura, proteínas, lactose, sais, enzimas e vitaminas. Onde a água é o constituinte em maior quantidade, nela estão dissolvidos, dispersos ou emulsionados os outros componentes como, proteínas, lactose e minerais (PEREIRA *et al.*, 2001).

O teor de gordura é muito variável no leite, pois a dieta do animal, raça, estação do ano em que se ordenha e período de lactação são variáveis difíceis de serem controladas e influenciam neste constituinte (PEREIRA *et al.*, 2001).

Proteínas são compostos nitrogenados que correspondem cerca de 95% do peso seco do leite outros 5% são compostos não proteicos. A quantidade deste constituinte também varia dentro de determinado leite devido a fatores como temperatura ambiente, raça, alimentação entre outros (PEREIRA *et al.*, 2001).

A lactose é formada por glicose e galactose, este é o constituinte menos variável no leite, sendo um dissacarídeo sintetizado nas células alveolares da glândula mamária a partir de glicose sanguínea produzida essencialmente no fígado a partir do ácido propiônico proveniente da fermentação ruminal (ROBERT, 2008).

A lactose tem o mesmo peso molecular da sacarose, sendo diferente na configuração molecular, no poder edulcorante, na solubilidade e no poder redutor (ROBERT, 2008).

O leite apresenta teores de cloro, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio em concentrações consideradas altas e em menores níveis encontram-se ferro, alumínio, bromo, zinco e magnésio, estes elementos formam os sais orgânicos e inorgânicos. No leite bovino existe uma variedade grande de vitaminas, tais como, A, D, E e K (PEREIRA *et al.*, 2001).

As enzimas encontradas no leite em grandes quantidades são as lipases, proteinases, oxido-redutases, fosfatases, catalase e peroxidases, elas contribuem no complexo enzimático ajudando no desenvolvimento dos microrganismos no leite. Condições como temperatura, pH (Potencial de Hidrogênio) e acesso ao substrato influenciam na atuação das enzimas (PEREIRA *et al.*, 2001).

Alguns problemas podem impedir o uso do leite na fabricação do iogurte, tais como, alta acidez inicial, coagulação do leite estando gelado/sabor amargo, sabor de



ranço, oxidação, leite salgado, odor desagradável, leite com baixa acidez, leite com resíduos de antibiótico, pesticida e sanitizantes (ROBERT, 2008).

A acidez do leite varia de 12 a 20°D (graus Dornic), onde se aceita de 15 a 18°D, fora dessa faixa a acidez denuncia algum problema na ordenha, problemas sanitários ou nutricional, resultando na alteração do pH do leite produzido (ROBERT, 2008).

### 2.3 BACTÉRIAS ACIDOLÁCTICAS

No processo de fermentação as culturas lácticas fazem com que a lactose presente no leite sofra degradação enzimática do lado externo da célula bacteriana e se transforma em glicose e galactose, estes monossacarídeos entram nas células e sofrem fermentação, o ácido pirúvico, este resultado da glicólise, é convertido em ácido láctico, o qual age sobre o caseinato de cálcio que por sua vez ao se desfazer, deixa livre a caseína precipitando de forma gelatinosa (ROBERT, 2008).

A fermentação do leite pode ser feita com diversos microrganismos. Os microrganismos mais utilizados são *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium*, entre outros (VENTURINI FILHO, 2010).

O *Streptococcus thermophilus* é uma bactéria Gram positiva largamente utilizado para a fermentação de iogurte. São bactérias ácido-lácticas, homofermentativas, que apresentam basicamente todas as características dos Lactobacilos e são habitantes característicos do trato intestinal do homem (MAPRIC, SD).

Esta bactéria é utilizada em conjunto com outra do gênero *Lactobacillus*, de forma a ter melhor eficiência na fermentação, por apresentar relação simbiótica, isto é, produzem mais ácido na forma de cultura mista do que ao serem utilizados como culturas isoladas (VENTURI FILHO, 2010).

O *Lactobacillus acidophilus* é um probiótico, portanto possui a habilidade de se instalar no intestino e melhorar assim o seu funcionamento, devido ao benefício nas funções fisiológicas do trato intestinal, tem como característica ser um bastonete gram-positivo, homofermentativo de catalase negativa (MAPRIC, SD).

Bactérias ácido-lácticas homofermentativas, produzem como seu principal produto o ácido láctico. Já as heterofermentativas produzem a mesma quantidade molar de lactato, dióxido de carbono e etanol a partir de hexoses (JAY, 2005).

O *Bifidobacterium* cria um ambiente favorável para o crescimento de bactérias probióticas, acredita-se que este tipo de bactérias sintetiza vitaminas que podem ser usadas pelo corpo humano (MAPRIC, SD).

O *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os microrganismos mais empregados no preparo de iogurtes como probióticos, assim promovem o equilíbrio da microbiota intestinal (FAO/WHO, 2002).

## 2.4 FERMENTAÇÃO LÁCTICA

### 2.4.1 Consumo da Lactose

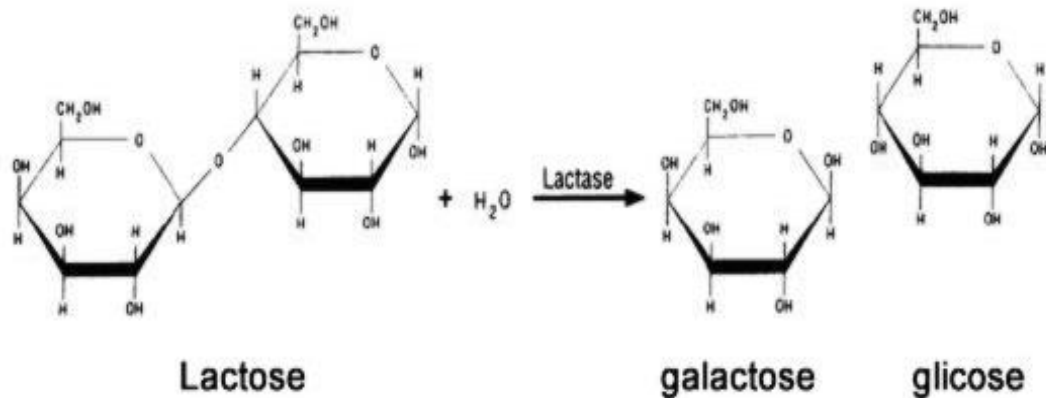
O conjunto de reações bioquímicas que ocorrem dentro de uma célula viva é chamado de metabolismo, essas reações podem consumir ou fornecer energia sendo denominadas anabólicas e catabólicas respectivamente (UFMG, SD).

As reações anabólicas e catabólicas ocorrem em acoplamento, isto é, de forma simultânea, isso ocorre por causa do ATP (adenosina trifosfato) que guarda a energia liberada das reações catabólicas, a qual é digerida pelas reações anabólicas (UFMG, SD).

Os microrganismos precisam de energia para realizar trabalho, a obtenção desta energia pode ser proveniente de compostos químicos orgânicos, inorgânicos ou a partir da luz. Os principais processos da transformação de fontes de carbono, tal como a glicose, em outro produto é a fermentação e a respiração aeróbia (BIOGERALDO, SD).

Precedendo a fermentação láctica ocorre a hidrolise da lactose em galactose e glicose (figura 02), esta reação acontece conforme mecanismo de Michaelis-Menten. A quebra da lactose pode ser influenciada por alguns parâmetros, entre eles condições de operação, como temperatura, pH e pressão, e a concentração de reagentes e produtos, que podem inibir a atividade da enzima (CARMINATTI, 2001).

**Figura 02 – Hidrólise da lactose.**



**FONTE: PRECEPTA (2016)**

A fermentação láctica ocorre em duas etapas: a primeira chamada de glicólise e a segunda fermentação láctica. Na primeira fase, uma molécula de glicose é desmembrada em duas moléculas de ácido pirúvico, que é composta por três carbonos. Para dar início à reação, são necessárias duas moléculas de ATP (Adenosina trifosfato), em seguida a glicose sofre uma oxidação e duas moléculas de NAD<sup>+</sup>(Nicotinamida-Adenina-Dinucleotídeo) reduzem-se a NADH (Nicotinamida-Adenina-Dinucleotídeo). Durante esse processo são sintetizadas também, quatro moléculas de ATP a partir de quatro ADP (Adenosina difosfato) + 4P, permanecendo um rendimento de 2 ATP. Na segunda etapa o ácido pirúvico reduz ao combinar-se com hidrogênios transportados pelo NADH originando o ácido láctico (COSTA, 2009).

#### 2.4.2 Parâmetros de Processo

A temperatura ideal de inoculação do fermento lácteo comercial é de 40 a 42°C (graus Celsius), uma pratica comum é a diluição e homogeneização do fermento em certa quantidade de leite antes de ser misturado no volume total, para assim garantir uma distribuição uniforme do fermento dentro do tanque (SILVA et al., 2012).

Uma das consequências do tratamento térmico do leite é a promoção da agregação, tal fenômeno proporciona géis mais firmes e diminuindo o grau de

acidificação necessário para provocar a associação da matriz proteica do iogurte (ANTUNES et al., 2004).

No processo de fermentação, o pH inicial encontra-se entre 6,7 a 6,8, condição que favorece o crescimento do *Streptococcus thermophilus*, conforme ocorre a produção de ácido fórmico e pirúvico, este pH abaixa para 6,0, favorecendo o crescimento do *Lactobacillus bulgaricus* (SILVA et al., 2012).

A fermentação continua e os *Lactobacillus* hidrolisam as proteínas que fornecerão ao *Streptococcus* os peptídeos e os aminoácidos essenciais para o desenvolvimento, em seguida ocorre a produção de ácido láctico abaixando ainda mais o pH, essa condição inibe o crescimento do *Streptococcus thermophilus*, já o *Lactobacillus* é mais resistente ao meio ácido, porém quando o pH atinge 4,3 existe a inibição do crescimento ocorre para ambos (SILVA et al., 2012).

O Ponto Isoelétrico ou  $pI$  é o valor do pH no qual uma molécula como um aminoácido ou proteína apresenta carga líquida elétrica igual a zero, logo o  $pI$  é o pH no qual as cargas positivas e negativas do grupamento iônico de um aminoácido ou proteína entram em equilíbrio (Silva et al., SD).

Quando o pH atinge 4,5 a 4,6 ocorre o denominado ponto isoelétrico da proteína do leite, nesse momento acontece a coagulação da mistura e o produto adquire consistência (SILVA et al., 2012).

Se o pH atingir um valor crítico, pode ocorrer o fenômeno da sinérese, que é a exudação do líquido da geleia (LICODIEDOFF et al., 2010).

A fermentação pode ocorrer dentro do próprio recipiente de comercialização para a produção do iogurte firme ou em tanques para iogurte batido. As reações para a formação do coágulo/gel são as mesmas, independente do iogurte fabricado. O que difere o iogurte firme do batido são as propriedades reológicas do coágulo (ROBIM, 2001).

Para uma fermentação láctica de sucesso, as culturas devem resistir à degradação mesmo sob uma acidez razoável, assim como a capacidade de desenvolvimento em simbiose e produzirem substâncias responsáveis pela viscosidade, sabor e aroma do iogurte (DEETH; TAMIME, 1981 *apud* ROBIM, 2001).

## 2.5 INTOLERÂNCIA A LACTOSE

A intolerância à lactose se faz presente com uma certa normalidade em todos os mamíferos adultos, abrangendo a maioria dos adultos humanos. Um dos sintomas presentes em pessoas com este tipo de intolerância, quando ingerido leite ou iogurte, desenvolvem-se flatulências e diarreia, isso ocorre porque a quantidade de lactase intestinal é reduzida e isso faz com que as bactérias do cólon utilizem a lactose e produzam gases (JAY, 2005).

No iogurte cerca de 50% de sua concentração original foi hidrolisada durante a fermentação, tornando a lactose presente no iogurte mais facilmente digerível. Durante o metabolismo humano, as células bacterianas sofrem “lise”, liberando lactase, isso facilita o consumo por pessoas que sofrem de intolerância à lactose (JAY, 2005).

## 2.6 DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED)

O diodo emissor de luz (LED) consiste em um aparelho semicondutor constituído por uma junção P-N, em que o material do tipo P é constituído por elementos semicondutores (Silício ou Germânio) e uma impureza (Alumínio, Índio, Boro ou Gálio) e no material N, as impurezas são o antimônio, o Fósforo e o Arsênio mantendo-se os mesmos componentes semicondutores do material do tipo P, onde em ambas as junções estão presentes íons portadores de carga elétrica, assim como íons fixos e átomos que constituem o material empregado, que emite luz quando diretamente polarizada. A diferença entre os materiais P e N é a quantidade de elétrons presente na camada de valência em cada uma: em P as impurezas possuem três elétrons na camada de valência então tem-se uma ligação covalente entre o material semicondutor e a impureza; já em N, associa-se um elemento com cinco elétrons na última camada e também formará uma ligação covalente, porém haverá liberação de um elétron livre o qual poderá movimentar-se pela estrutura. Como a luz não é monocromática como a de um laser, o LED é constituído por uma banda espectral relativamente estreita, sendo esta, gerada pelas interações energéticas entre os elétrons. O LED sofre uma eletroluminescência, pois consiste em um processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte elétrica (BENEVIDES, 2010).

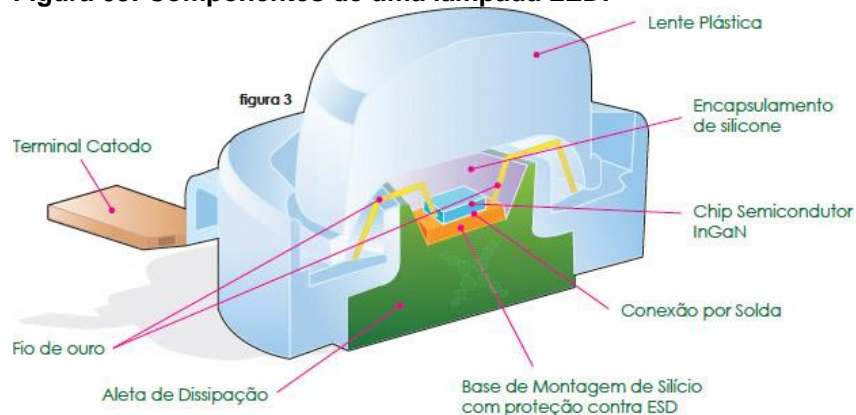
A luz produzida pelo LED se dá pela passagem de um elétron da banda de condução do material semiconductor para a banda de valência. Quando um elétron passa de uma banda de maior energia para uma de menor energia, ocorre a emissão de energia na forma de fóton, sendo este, luz. A cor em formato de comprimento de onda depende do *band gap* que é a diferença de energia entre as bandas de valência e de condução do material. Quanto maior o *band gap*, menor o comprimento de luz emitida (BENEVIDES, 2010).

Existem mistura de elementos comumente utilizados para a dopagem da região de *band gap* do material semiconductor, sendo estes, gálio, alumínio, arsênio, fósforo, índio e nitrogênio. A afinidade da combinação desses elementos, ou da relação desses componentes, altera o comprimento de luz emitida (DENBAARS, 1997 apud CERVI, 2005).

O InGaN (Índio, Gálio e Nitrogênio) é uma das misturas utilizadas para a formação do feixe luminoso azul ou verde, de acordo com a proporção de cada elemento. Outro exemplo de mistura é o AlInGaP (Alumínio, Índio, Gálio e Fósforo), empregado em LED's de luz vermelho, alaranjado ou amarelo, também dependendo da relação entre a combinação dos compostos (CERVI, 2005).

A energia produzida por um LED é dissipada em forma de luz e calor. O chip semiconductor emite a luz e a irradia em todas as direções, contudo não emite calor como as lâmpadas convencionais. O caminho térmico percorrido é dissipado dentro de um dissipador térmico acoplado no LED para evitar falhas. Outra característica do LED é não emitir radiação Infravermelha e Ultra-Violeta (RANGEL, SD).

**Figura 03: Componentes de uma lâmpada LED.**



**Fonte: Conexled (2016).**

As características da luz emitida são ditadas pela radiação eletromagnética em comprimentos de onda, que estão na faixa de 380 nm a 770 nm os quais, são visíveis ao olho humano (RANGEL, SD).

## 2.7 FOTO ESTIMULAÇÃO

As mitocôndrias do ciclo de Krebs têm alta atuação no processo de respiração celular, estas também interagem com a luz, de forma a acelerar a reprodução celular (BAGNATO, 2010).

Os comprimentos de luz que estimulam a fermentação alcoólica na produção de cerveja podem abranger a região do espectro desde o UV (ultravioleta), em torno de 200 nm a 400 nm, passando por toda região do visível, a partir de 400 nm a 700 nm e a região do infravermelho de 700 a 1000 nm (BAGNATO, 2010).

Para realizar o processo de foto estimulação pode-se utilizar um ou mais emissores de luz, podendo ser laser, LED ou lâmpada fluorescente de maneira que se consiga uma única região espectral, realizando a aceleração do processo ou então pode-se reunir várias bandas que tenham o mesmo resultado (BAGNATO, 2010).

A iluminação pode ser feita na superfície superior ou no interior da mistura de açúcares destinada à fermentação alcoólica, caso a luz seja levada até o interior da mistura, esta pode ser feita com fibras óticas com ou sem terminação difusora (BAGNATO, 2010).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa é definida como aplicada, segundo Trujullo Ferrari (1982), pesquisa aplicada contribui através da prática com a obtenção de novos fatos para posteriores pesquisas ou até mesmo para compreensão teórica de determinados setores do conhecimento, assim este trabalho buscou conhecimento através de experimentos da aplicação do processo de foto estimulação com luz visível na produção de iogurte natural.

Quanto à forma de abordagem do problema esta pesquisa se classifica como quantitativa, pois segundo Richardson *et al.* (2008), pesquisas assim classificadas, traduzem em números as informações pesquisadas, informando os

resultados em forma de dados estatísticos. Toda parte experimental deste trabalho conterà como resultados números com certa confiabilidade, pois serão realizados experimentos em triplicata e gráficos a fim de apresentar melhor os conhecimentos obtidos.

Quanto aos objetivos esta pesquisa é classificada como exploratória, segundo Gil (2008), este tipo de pesquisa explicita um problema, o conhece, então pesquisa-o, gerando assim pesquisas bibliográficas, e isto foi realizado e será um processo contínuo através de pesquisas em materiais bibliográficos.

E ao que diz respeito aos procedimentos técnicos na coleta de dados a presente pesquisa é classificada como pesquisa experimental, segundo Gil (2008), pesquisas classificadas desta maneira, são realizadas em forma de experimentos, definindo o objeto, selecionando as variáveis que influenciam esse objeto, controlando o experimento para posterior análise dos dados coletados.

## 3.2 LOCAL DA PESQUISA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Laticínios, do Departamento de Alimentos, localizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa.

## 3.3 MATERIAIS

### 3.3.1 Desenvolvimento do equipamento

Primeiramente foi desenvolvido um equipamento para aplicação da foto estimulação, no qual utilizou-se como material para estudo:

- Madeira;
- Tubos Falcon;
- Lâmpadas LED de alta potência (1 W) nas cores: azul, branca e vermelha;
- Fontes MS, fonte chave para telefone sem fio, entrada 90 240 Vac, 50/60 H. Saída 9 Vdc, 300 mA.

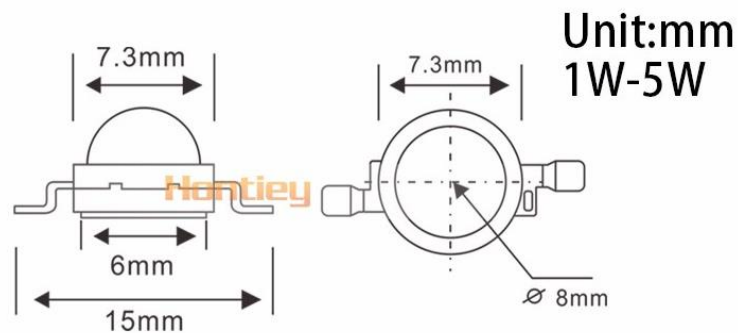
Os dados técnicos das lâmpadas de LED usadas estão na tabela 01 e as lâmpadas representadas nas figuras 04 e 05.



**Tabela 01- Dados técnicos das lâmpadas de LED**

Cor do LED	Temperatura de cor	Potência	Voltagem	Corrente	Fluxo Luminoso	Chip size
Branco	6000 - 6500 K	1 W	3,2 - 3,4 V	350 mA	100 - 110 LM	30 mil
Azul	455 - 460 Nm	1 W	3,2 - 3,4 V	350 mA	34 - 45 LM	30 mil
Vermelho	620 - 625 Nm	1 W	3,2 - 3,4 V	350 mA	50 - 60 LM	30 mil

Fonte: Hontiey (2016)

**Figura 04 – Dimensões das Lâmpadas de LED.**

Fonte: Hontiey (2016)

**Figura 05 – Modelos das lâmpadas de LED utilizadas.**

Fonte: Hontiey (2016)

Foi feito um circuito em paralelo com os LED's com 2 fileiras e 6 lâmpadas cada já fixos nas tampas dos tubos Falcon, assim o circuito e as lampadas não tiveram contato com o produto.

Parafusou-se as madeiras em forma de caixa com uma das laterais abertas, então na parte superior da caixa fixou-se o circuito com as tampinhas utilizando

parafusos. Os LED's foram fixados em tampas de tubos Falcon devido a facilidade que teríamos para manusear os tubos devido a rosca presente.

### 3.3.2 Foto Estimulação

Primeiramente o leite pasteurizado (como alternativa, trabalhar com leite desnatado devido a oxidação dos lipídios na presença de luz branca) aqueceu-se até 90°C durante cinco minutos para eliminar os microrganismos residuais presentes no mesmo (ROBERT, 2008). Então abaixou-se a temperatura para 42°C e inoculou-se o fermento liofilizado composto por três microrganismos, o *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* e *Streptococcus thermophilus*, a mistura devidamente homogeneizada foi distribuída em quantidades equivalentes nos tubos Falcon com o auxílio de uma seringa de 20 mL.

Realizaram-se três conjuntos de experimentos distintos: I (primeiro dia), II (segundo dia) e III (terceiro dia). Cada conjunto de experimentos será composto por 48 tubos Falcon, onde 36 serão iluminados individualmente por lâmpadas LED e outros 12 na ausência de luz, estes envolvidos com papel alumínio para garantir a não influência da iluminação externa. As amostras obtidas na ausência de luz foram os controles positivos respectivos para cada experimento. Em relação ao sistema de iluminação utilizado, foi feito em um circuito sendo que cada conjunto de experimentos foi utilizado em um determinado comprimento de onda: (V) vermelho (620 - 750 nm), (A) azul (450 – 495 nm) e (B) branca (380 – 750 nm) e (C) ausência de luz.

**Figura 06: Espectro visível e comprimentos de onda.**



**Fonte: (Moraes et al., SD).**

Os experimentos foram realizados dentro de uma estufa em temperatura constante de 40°C, em todos os experimentos os tubos Falcon foram numerados de 1 a 12, os conjuntos experimentais foram numerados e identificados como I, II e III. As amostras I-1V, I-1A, I-1B e I-1C foram analisadas simultaneamente após 30

minutos do início do experimento, a I-2V, I-2A, I-2B e I-2C após mais 30 minutos e assim sucessivamente até chegarmos nos pontos finais I-12V, I-12A, I-12B e I-12C, portanto no final do experimento I foram obtidos 48 pontos, sendo 36 com a influência das lâmpadas LED (vermelha-azul-branca) e outros 12 na ausência delas, durante as 6 horas do processo de fermentação. Para os experimentos II e III, foi adotada a mesma metodologia.

### 3.3.3 Estudo da estabilidade da cor

Para realização deste experimento utilizou-se o Espectrofotômetro Hunterlab com Iluminante D65 e ângulo de 8°, este equipamento mede a luminosidade ( $L^*$ ) de 0 (preto) a 100 (branco),  $b^*$  (em escala negativa para tons de azul e positiva para tons de amarelo) e  $a^*$  (em escala negativa para tons de verde e positiva para tons de vermelho). Foram utilizados frascos similares ao do processo para realização do experimento, assim reproduzindo o que aconteceu no experimento de foto estimulação.

### 3.3.4 Acidez

Para verificar a acidez nas amostras foi utilizada a metodologia do método Dornic, segundo Pereira *et al.* (2001), esse método consiste em uma titulação com solução alcalina de concentração conhecida (solução Dornic, hidróxido de sódio 0,111 (1/9) mol/L S.V.) na presença de indicador fenolftaleína 1% (m/v) alcoólica neutralizada S.I., neutralizando assim compostos de caráter ácido.

O método de Dornic verificou o grau de metabolização da lactose a ácido láctico, na presença de um indicador, desenvolve-se uma coloração rósea (ROBERT, 2008).

Para a aplicação da técnica transferiu-se para um erlenmeyer de 125 mL, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, 10 mL (mililitro) de leite, adicionou-se 3-5 gotas de fenolftaleína e titular com uma solução Dornic até viragem, que se reconheceu pela alteração da cor branca para róseo claro e então anota-se o resultado. Para expressar os resultados em percentual de ácido láctico calculou-se com a seguinte fórmula:

$$A = \frac{C_i \cdot v \cdot 9}{g \text{ ou mL}}$$

Onde:

A = acidez expressa em percentual de ácido láctico (m/v ou m/m, conforme se utilize volume ou massa de amostra), ou seja g ácido láctico/100 mL ou g da amostra;

$C_i$  = concentração da solução de hidróxido de sódio (mol/L);

v = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação da amostra;

e

g ou mL = massa ou volume da amostra.

Esta metodologia foi utilizada apenas em 180 minutos decorrentes (metade do processo) e ao final do processo (no produto final).

O processo de fermentação foi acompanhado via pHmetro em intervalos de 30 minutos, até a obtenção de pH próximo à 4,0, para então a obtenção de um gráfico de pH X Tempo.

### 3.3.5 Viscosidade

Viscosidade é um parâmetro importante para a qualidade do produto, segundo Pereira *et al.* (2001), a técnica empregada tem como fundamento o atrito interno, resultante do movimento de uma camada do fluido sobre a outra. A viscosidade sendo determinada pela aferição da força necessária para girar um eixo imerso no fluido, em uma temperatura específica.

O equipamento utilizado é o viscosímetro rotatório completo Reômetro Brookfield CT3. Para aplicação da técnica transferiu-se para um recipiente próprio, 60 mL de cada amostra, as quais foram denominadas A2, C2, V2, B2, A3, C3, V3 e B3 a 20°C, adaptando o eixo rotatório adequado à viscosidade da amostra, ajustou-se o botão para o número conveniente de rotações que foram 30, 45, 60, 75 e 90 RPM, para então ligar-se o viscosímetro. Mantendo a rotação por um determinado período de tempo, após esse tempo acionou-se a alavanca que interrompe o movimento do cursor, e fazer a leitura em escala própria.

Os resultados foram representados em mPa.s e utilizou-se o teste de Tukey para a análise dos resultados mediante a interação de variáveis.

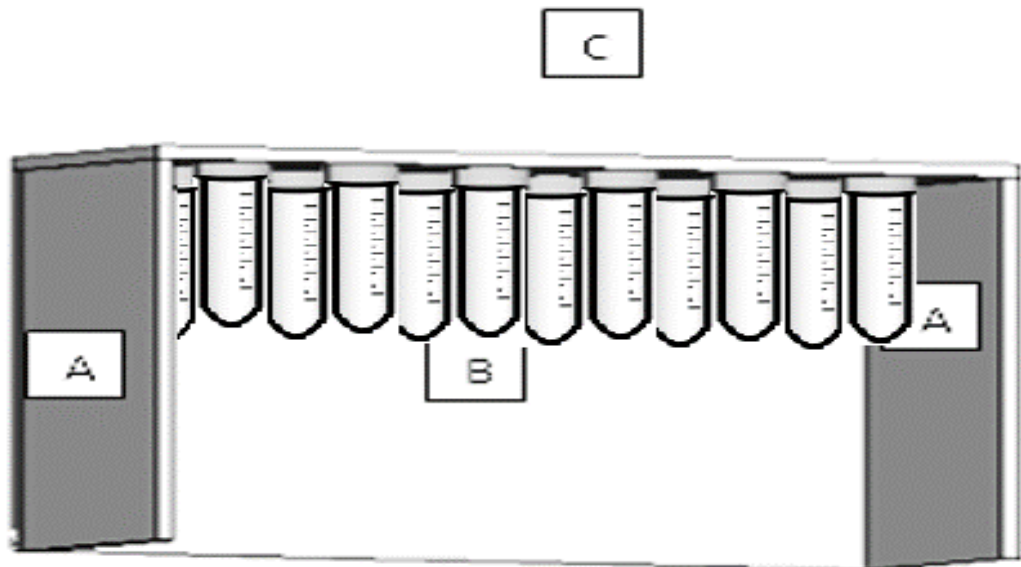
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Equipamento desenvolvido para aplicação da Foto Estimulação

Primeiramente foi desenvolvido um equipamento para aplicação da foto estimulação, no qual se utilizou os materiais citados na seção 3.3.1. O equipamento desenvolvido e demonstrado de forma real pelas figuras 07 e 08 apresentou funcionamento adequado aos objetivos propostos, foi possível promover a incidência da luz de forma isolada e conseguiu-se retirar alíquotas nos intervalos de trinta minutos sem que se prejudicasse o meio de fermentação, assim garantindo que o experimento possa ser replicado e também a confiabilidade dos dados.

O equipamento teve as seguintes dimensões:

**Figura 07: Esquema do equipamento desenvolvido para foto estimulação.**



**Fonte: Autoria própria (2016).**

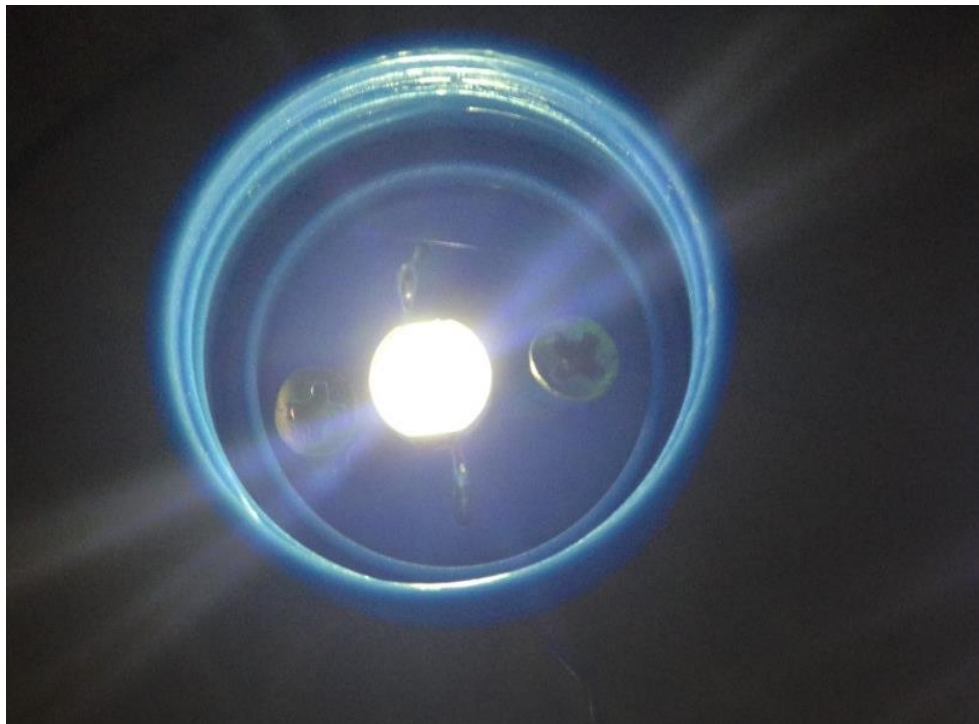
- A: 8 x 120 x 222 mm.
- B: 8 x 400 x 230 mm.
- C: 8 x 400 x 136 mm.

**Figura 08: Resultado do desenvolvimento do suporte para Foto Estimulação.**



Fonte: Autoria própria (2016).

**Figura 09: Circuito soldado na tampa do tubo Falcon e parafusado na madeira.**



Fonte: Autoria própria (2016).

O equipamento desenvolvido obteve bom desempenho nas condições que o processo exigiu, temperatura de 40°C durante 6 horas, não ocorreu nenhum defeito durante todo o estudo.

Esta metodologia desenvolvida pode ser utilizada como base para novos estudos sobre influência da foto estimulação, já que é uma área nova de pesquisa voltada para o desenvolvimento e melhoria de processos alimentícios.

#### 4.2 Acidez

O pH foi utilizado como indicador da presença de ácido láctico durante o processamento do leite, quanto menor o pH maior a presença de ácido láctico nas amostras, sendo que os microrganismos têm um desempenho ótimo em pH entre 5,7 – 5,0 a temperatura controlada entre 40 e 45°C (ROBERT, 2008).

Depois desta faixa ótima de atuação o produto está no final do processo, quando atingido o pH usualmente de 4,6, o iogurte é resfriado a temperatura menor que 10°C para melhor preservação do gel. O pH geralmente indica o final do processo, este estando entre 4,6 e 4,0 (ROBERT, 2008).

As oscilações do pH no decorrer do processo de foto estimulação com a aplicação de comprimentos de luz visível estão representadas na tabela (tabela 02).

**Tabela 02 – Comportamento do pH ao longo do tempo para cada comprimento de luz visível.**

Tempo (min.)	Vermelho (pH)	Azul (pH)	Branco (pH)	Controle (pH)
30	6,92 ± 0,030 <sup>a A</sup>	6,90 ± 0,060 <sup>a A</sup>	6,78 ± 0,015 <sup>a B</sup>	6,87 ± 0,042 <sup>a AB</sup>
60	6,62 ± 0,053 <sup>a A</sup>	6,57 ± 0,095 <sup>a A</sup>	6,41 ± 0,036 <sup>ab B</sup>	6,49 ± 0,017 <sup>ab AB</sup>
90	6,34 ± 0,087 <sup>ab A</sup>	6,27 ± 0,186 <sup>ab AB</sup>	5,98 ± 0,126 <sup>bc B</sup>	6,15 ± 0,023 <sup>abc AB</sup>
120	5,92 ± 0,146 <sup>bc A</sup>	5,87 ± 0,142 <sup>bc A</sup>	5,66 ± 0,193 <sup>cd A</sup>	5,73 ± 0,151 <sup>bcd A</sup>
150	5,59 ± 0,232 <sup>cd A</sup>	5,55 ± 0,184 <sup>cd A</sup>	5,43 ± 0,177 <sup>cde A</sup>	5,48 ± 0,215 <sup>bc A</sup>
180	5,36 ± 0,225 <sup>cde A</sup>	5,32 ± 0,214 <sup>cde A</sup>	5,26 ± 0,229 <sup>de A</sup>	5,30 ± 0,231 <sup>bcd A</sup>
210	5,19 ± 0,238 <sup>de A</sup>	5,19 ± 0,248 <sup>de A</sup>	5,17 ± 0,224 <sup>de A</sup>	5,17 ± 0,240 <sup>cde A</sup>
240	5,10 ± 0,228 <sup>de A</sup>	5,07 ± 0,252 <sup>de A</sup>	5,07 ± 0,212 <sup>e A</sup>	5,07 ± 0,261 <sup>efg A</sup>
270	5,02 ± 0,266 <sup>de A</sup>	5,00 ± 0,274 <sup>de A</sup>	5,01 ± 0,229 <sup>e A</sup>	5,01 ± 0,285 <sup>def A</sup>
300	4,97 ± 0,275 <sup>e A</sup>	4,92 ± 0,280 <sup>de A</sup>	4,97 ± 0,252 <sup>e A</sup>	4,94 ± 0,261 <sup>fg A</sup>
330	4,91 ± 0,252 <sup>e A</sup>	4,89 ± 0,263 <sup>e A</sup>	4,93 ± 0,246 <sup>e A</sup>	4,92 ± 0,275 <sup>fg A</sup>
360	4,87 ± 0,266 <sup>e A</sup>	4,86 ± 0,281 <sup>e A</sup>	4,90 ± 0,240 <sup>e A</sup>	4,87 ± 0,281 <sup>g A</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada

---

tempo – Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

---

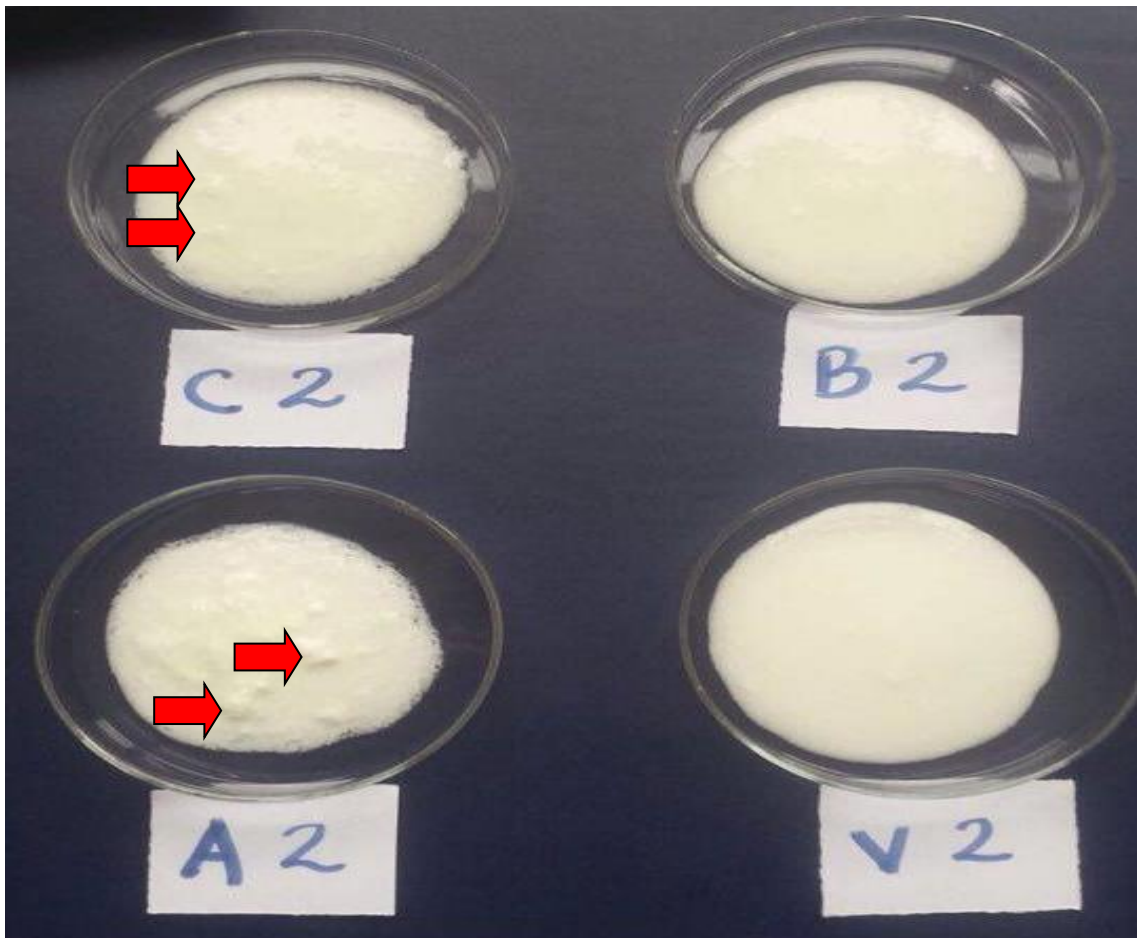
**Fonte: Aatoria própria (2016).**

Para apresentação dos resultados foram realizados testes de separação na ANOVA com 95% de confiança, compararam-se as amostras foto estimuladas com o mesmo comprimento de onda em diferentes tempos e amostras foto estimuladas com diferentes comprimentos de onda nos mesmos tempos para facilitar as análises comparativas dos dados.

Podemos observar que em até 90 minutos o LED com o comprimento de onda branco teve destaque na diminuição do pH e a partir de 120 minutos de exposição todos os comprimentos foram equivalentes. Porém, observou-se no decorrer do processo (Figura 10) a formação de gel (o iogurte ficou mais viscoso, denso) e aparência mais homogênea na presença do LED de comprimento de onda branco. No comprimento de luz azul, observou-se a formação de grandes grumos, gerando um aspecto heterogêneo para o iogurte. Com o LED vermelho não se obteve relevante formação de gel, e o iogurte ficou mais líquido. Na amostra controle, observamos a formação de alguns grumos e gel, e a aparência não estava lisa nem homogênea.



Figura 10: Foto referente ao iogurte produzido com 180 minutos de fermentação.



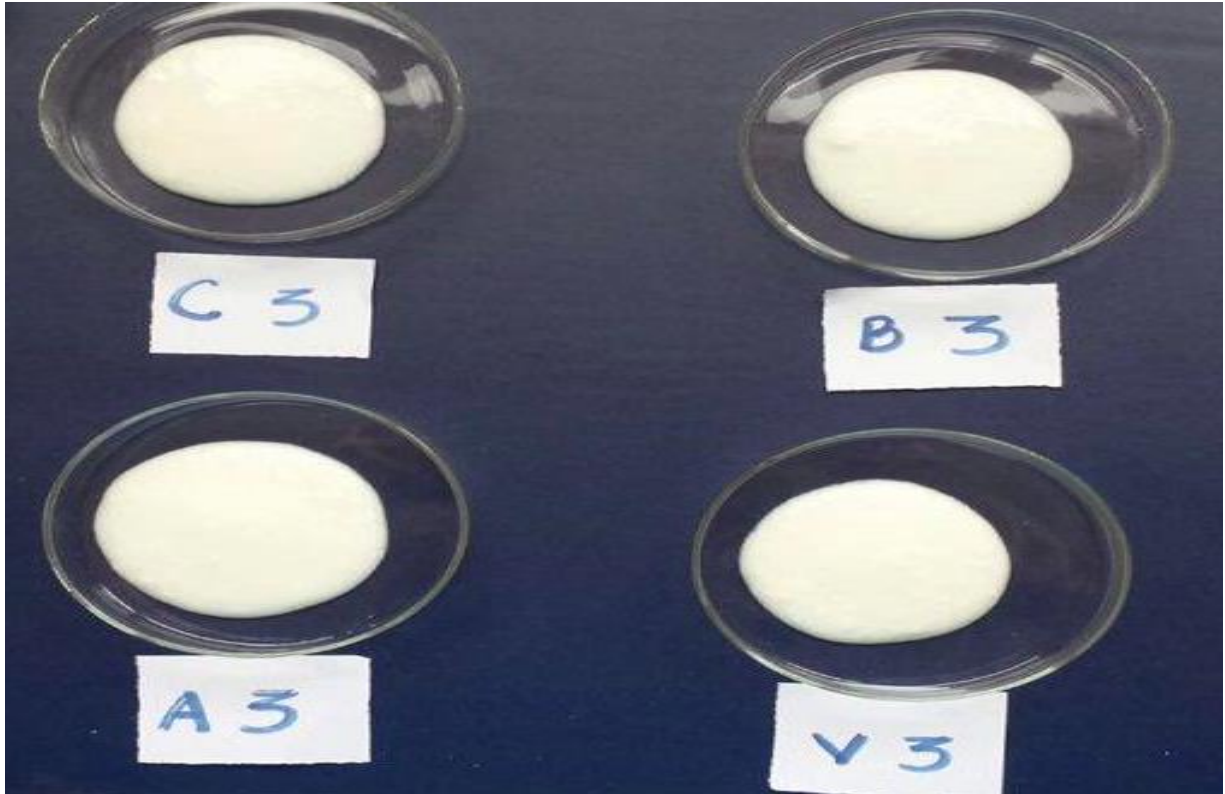
Fonte: Autoria própria (2016).

Conforme mostra a tabela 02, no final do experimento obtivemos um pH igual para a aplicação de todas as cores de LED segundo o teste de Tukey. De acordo com Brandão (1995), para pH acima de 4,6 existe o favorecimento da separação do soro, porque o gel não foi suficientemente formado, por outro lado em pH menor que 4 ocorre uma concentração do coágulo, devido à redução da hidratação das proteínas, ocorrendo assim o desprendimento do soro do iogurte.

O pH correto para o término do processo de fermentação láctica para as indústrias está entre 3,7 a 4,6, porém pHs ótimos para o mesmo são de 4 a 4,4. Como mostra a tabela 02 não chegamos a estes resultados ao final do processo de 6 horas, podemos atribuir este pH elevado a erros experimentais, por exemplo no equipamento de medida, o pHmetro, porém, este tempo foi suficiente para mostrar os nossos resultados e também que existem diferenças na fermentação foto estimulada. Mostrou-se que antes de 120 minutos há diferença significativa no pH,

assim como pudemos observar diferenças entre os produtos após 180 minutos e no produto final.

**Figura 11: Produtos da fermentação após 360 minutos de processo.**

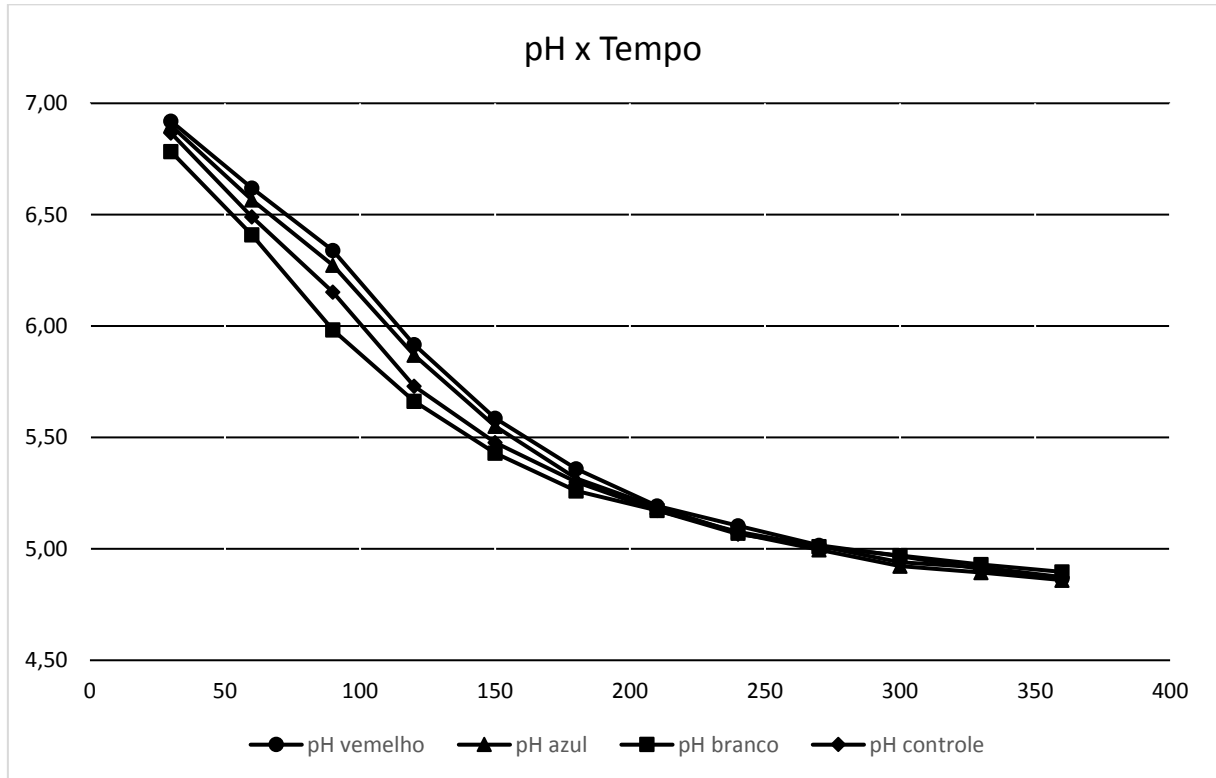


Fonte: Autoria própria (2016).

Na figura 11 observamos que obteve-se praticamente o mesmo produto final no tempo de 360 minutos, porém algumas características se destacam: o iogurte produzido na presença do LED de cor branca aparentou ser mais quebradiço ou seco, por conta da perda de água em sua superfície fenômeno conhecido como sinérese, conforme a formação de ácido láctico vai ocorrendo, formam-se rearranjos na rede de moléculas de caseína as quais podem levar a formação de ligações intermoleculares adicionais assim ocorre a contração do gel e a expulsão do líquido do produto formado (ANTUNES et al., 2004). O iogurte produzido na presença do LED de cor vermelha teve aparência mais líquida que os demais, já iogurte produzido na presença do LED de cor azul teve formação aparente de uma quantidade maior de gel, ficando com a consistência bastante firme, observamos que a sinérese não ocorreu de forma tão aparente como no tratamento com a luz branca e o iogurte produzido como amostra controle (no escuro) estava aparentemente entre o que o azul e o vermelho produziram. Essas observações

foram corroboradas pela análise de viscosidade conforme será apresentado na seção 4.5.

**Gráfico 01 – Relação de pH ao decorrer do tempo**



Fonte: Autoria própria (2016).

Podemos observar que houve diferença significativa nos primeiros 120 minutos (tabela 2) do processo de foto estimulação, após esse período os comprimentos de onda se equivalem para o abaixamento do pH.

Corroborando com os resultados anteriores, têm-se os resultados de quantidade de ácido láctico presente em nas amostras, para o teste em triplicata a amostra foi homogeneizada. Os dados estão na tabela 3:

**Tabela 03 – Quantidade de ácido láctico nas amostras para cada comprimento de luz visível.**

Tempo	Controle (g/100 mL)	Azul (g/100 mL)	Branco (g/100 mL)	Vermelho (g/100 mL)
30 min	2,25	2,07	2,34	2,16
180 min	6,75	6,57	6,57	5,58
360 min	6,75	6,93	6,84	7,65

Fonte: Autoria Própria (2016).

Percebemos com estes resultados que a quantidade de ácido láctico aumentou com o decorrer do processo, o que já era esperado devido o abaixamento do pH durante todo o processo de fermentação.

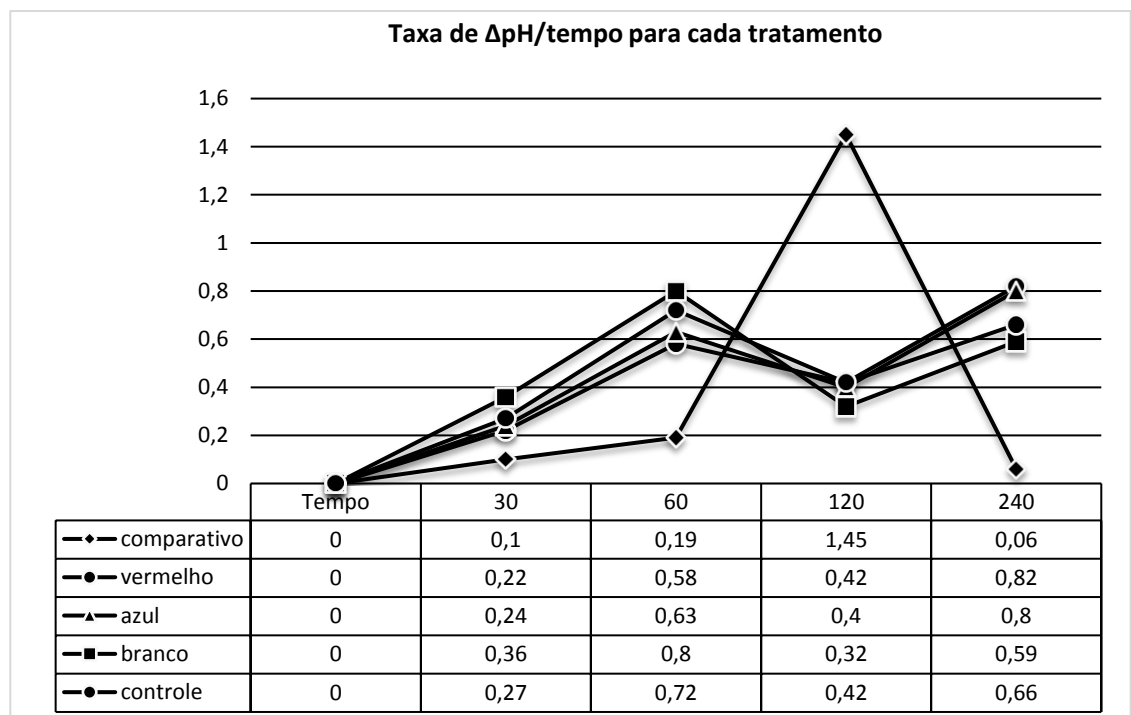
Com relação com os parâmetros descritos anteriormente, SILVA et al. (2012), observou que a fermentação ocorreu de forma nítida até o tempo de 120 minutos obtendo-se uma diminuição do pH de 1,8, já no trabalho aqui apresentado observamos que no mesmo tempo de processo obtemos um abaixamento do pH de 2,04 para a luz vermelha e nos demais um abaixamento de 2,07 na tabela 04 podemos visualizar melhor esta comparação.

**Tabela 04 – Comparativo pH entre trabalhos.**

Tempo (min.)	ph trabalho comparativo	pH Luz Vermelha	pH Luz Azul	pH Luz Branca	pH Controle
0	6,45	7,14	7,14	7,14	7,14
30	6,35	6,92	6,9	6,78	6,87
60	6,16	6,34	6,27	5,98	6,15
120	4,71	5,92	5,87	5,66	5,73
240	4,65	5,1	5,07	5,07	5,07

Fonte: Autoria própria (2016).

**Gráfico 02 –  $\Delta$ pH/tempo para cada tratamento.**



Fonte: Autoria própria (2016).

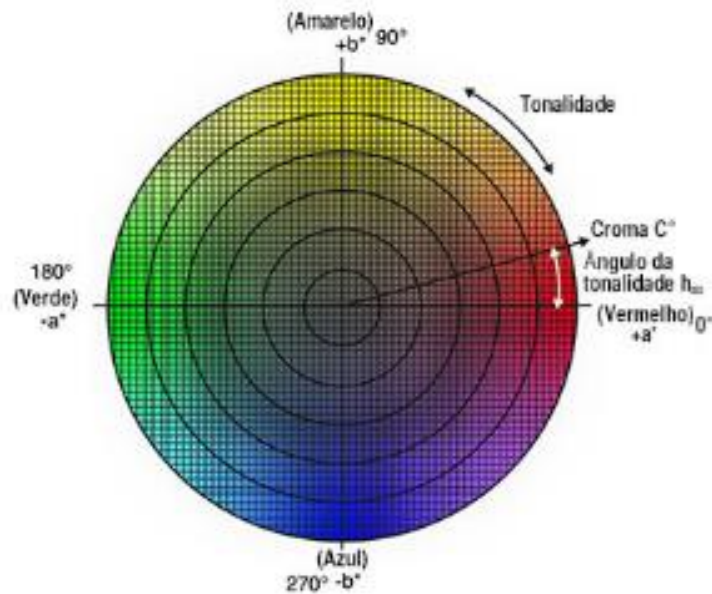
Podemos observar no gráfico 02 que os experimentos realizados tiveram uma taxa de crescimento diferente do trabalho comparado, enquanto no trabalho de foto estimulação obtemos um crescimento maior até o tempo de 60 minutos então a velocidade de abaixamento do pH diminuiu e posteriormente voltou a crescer, o trabalho comparativo houve um crescimento exponencial até o tempo de 120 minutos.

Podemos observar a diferença entre as linhas da taxa de crescimento do experimento controle e do trabalho comparativo, pois era esperado que o comportamento de abaixamento do pH fosse similar o que não ocorreu, no presente trabalho utilizamos microrganismos secos para produção do iogurte natural enquanto no trabalho comparativo utilizou-se 20 mL de iogurte natural com pH de 4,21, isto pode ter influenciado no processo e pode explicar as diferenças entre as curvas, não é possível identificar no trabalho comparativo os microrganismos utilizados para a produção de iogurte natural e isto também pode influenciar na curva de crescimento microbiano.

#### 4.3 Estudo da Estabilidade da Cor

Para avaliação da cor do produto obtido utilizou-se o Espectrofotômetro Hunterlab com iluminante D 65 e ângulo 8°. Valores de L\* (Luminosidade ou Claridade) variam de 0 a 100, assim quanto mais próximos de 100, mais próximo do branco está a amostra e quanto mais próximo de 0 mais próximo do preto está a amostra. Os valores de a\* variam entre números negativos e positivos, números positivos indicam tendência a coloração vermelha e negativos coloração verde. Os valores de b\* variam entre números positivos e negativos, valores positivos indicam tendência para a coloração amarela e negativa para coloração azul, conforme mostra a figura 12.

**Figura 12: Significados dos parâmetros de cor.**



**Fonte: KONICA MINOLTA (2016).**

Os resultados de  $a^*$  e  $b^*$  estão disponíveis no anexo 1 pois não possuem relevância para os resultados discutidos de modo que a variação destes não são perceptíveis a olho nu para o presente trabalho.

A tabela 5 apresenta os resultados referentes a  $L^*$  obtidos através da análise colorimétrica do iogurte natural produzido na presença de diferentes comprimentos de onda a temperatura de 40 °C.

**Tabela 05: resultados de luminosidade.**

LUZ / TEMPO	CONTROLE	AZUL	VERMELHO	BRANCO
30	71,32 ± 0,006 <sup>bB</sup>	70,91 ± 0,036 <sup>cC</sup>	71,35 ± 0,026 <sup>bC</sup>	71,43 ± 0,035 <sup>aC</sup>
180	72,06 ± 0,023 <sup>aA</sup>	71,04 ± 0,015 <sup>dB</sup>	71,87 ± 0,012 <sup>bB</sup>	71,77 ± 0,035 <sup>cB</sup>
360	72,043 ± 0,006 <sup>cA</sup>	72,19 ± 0,015 <sup>bA</sup>	72,36 ± 0,006 <sup>aA</sup>	71,96 ± 0,010 <sup>dA</sup>

Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada tempo – Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

**Fonte: Autoria própria (2016).**

A luminosidade da amostra Controle muda entre 30 e 180 minutos, as demais amostras mudaram estatisticamente em todos os tempos estudados. Comparando as amostras diferentes nos mesmos tempos (Letras maiúsculas) observamos em 30 minutos que as amostras controle e vermelho são estatisticamente iguais e

diferentes das estimulações com a luz azul e branca, somente a amostra controle se manteve constante estatisticamente nos tempos de 180 e 360 e mudou em um nível de significância de 95% em 30 minutos, as demais amostras mudaram significativamente em todos os tempos. Estas diferenças de colorações não são percebidas a olho nu, porém o melhor resultado de cor obtido foi no produto obtido com a luz vermelha, pois é o produto com luminosidade mais próxima de 100 o que indica uma coloração mais próxima do branco.

Uma característica importante no iogurte natural é sua coloração, quanto mais próxima da coloração branca mais bem aceito é pelos consumidores. Comparativamente utilizaremos os resultados obtidos por LEMES (2013), onde foi estudado a estabilidade de cor do produto na presença e na ausência de luz no armazenamento do iogurte com corante artificial vermelho Bordeaux (A), corante batelaína encapsulado com maltodextrina (B) e corante de betalaína encapsulado com goma-arábica (C), a tabela 6 mostra a comparação entre os resultados obtidos a partir da foto estimulação e o trabalho comparativo.

**Tabela 06: Comparação de resultados.**

AMOSTRAS	LUMINOSIDADE
PRESENÇA DE LUZ A	75,97
AUSENCIA DE LUZ A	74,9
PRESENÇA DE LUZ B	78,75
AUSENCIA DE LUZ B	78,95
PRESENÇA DE LUZ C	78,12
AUSENCIA DE LUZ C	77,38
CONTROLE	72,043
AZUL	72,19
VERMELHO	72,36
BRANCO	71,96

Fonte: Aatoria própria (2016).

Notamos que utilizando os aditivos para favorecer a permanência da cor os resultados obtidos pelo trabalho comparativo foram mais próximos da cor branca (segundo os resultados de luminosidade, não estamos comparando os outros parâmetros para verificar a cor real do iogurte obtido) nenhum tratamento foto estimulado representou ganhos significativos para favorecimento da aparência mais branca nos produtos.

#### 4.4 Reologia

O estudo da reologia implica a relação entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento. Quando tal relação é linear o fluido é denominado newtoniano e sua viscosidade se mantém constante e isso independe da tensão aplicada. Porém em outros casos, essa relação é não linear então, classifica-se o fluido como não newtoniano. Estes fluidos, pelo fato de apresentarem um decréscimo da viscosidade conforme a taxa de cisalhamento aplicada aumenta, podem ser classificados como pseudoplásticos (SCHRAMM, 2006).

A partir dos resultados de viscosidade em relação as rotações, pode-se perceber que o iogurte assume o comportamento de um fluido não-newtoniano pois a relação entre a tensão cisalhante e taxa de deformação não é linear (LEAL, 2005).

**Tabela 07 – Resultados de reologia foto estimulação cor azul.**

Cor	Rotação (rpm)	Tempo (min)	
		180	360
AZUL	30	90 ± 12,72 <sup>a B</sup>	428 ± 37,72 <sup>a A</sup>
	45	48 ± 0,64 <sup>b B</sup>	280 ± 4,12 <sup>b A</sup>
	60	36 ± 0,68 <sup>b B</sup>	215 ± 3,44 <sup>c A</sup>
	75	32 ± 3,42 <sup>b B</sup>	184 ± 9,14 <sup>cd A</sup>
	90	33 ± 3,37 <sup>b B</sup>	158 ± 3,47 <sup>d A</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada tempo - Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada nível de rotação.

**Fonte: Autoria própria (2016).**

A partir da tabela 07 pode-se perceber que para os tempos de 180 e 360 minutos, houve diferença estatística significativa entre as amostras com mesma rotação em diferentes tempos. Para as decorrentes rotações no tempo de 180 minutos, houve diferença estatisticamente significativa entre a rotação de 30 rpm e



as demais, sendo que entre as outras rotações (45, 60, 75 e 90) apresentaram comportamento estatístico similar. Para o tempo de 360 minutos, percebe-se que, na mesma coluna, o comportamento da amostra em 75 rpm é estatisticamente igual para um nível de significância de 95% se comparado à 60 e 90 rpm, os demais resultados comparados, houveram diferenças estatisticamente significativas para a amostra foto estimulada com lâmpada LED de cor azul.

**Tabela 08 - Resultados de reologia foto estimulação cor branca.**

Cor	Rotação (rpm)	Tempo (min)	
		180	360
BRANCO	30	246 ± 7,14 <sup>aB</sup>	381 ± 17,28 <sup>aA</sup>
	45	173 ± 4,4 <sup>bB</sup>	257 ± 2,3 <sup>bA</sup>
	60	129 ± 4,34 <sup>cB</sup>	201 ± 7,38 <sup>cA</sup>
	75	110 ± 0,86 <sup>dB</sup>	117 ± 2,75 <sup>dA</sup>
	90	96 ± 0,7 <sup>eB</sup>	166 ± 5,73 <sup>dA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada tempo - Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada nível de rotação.

**Fonte: Autoria própria (2016).**

A viscosidade para o iogurte foto estimulado com lâmpadas LED de cor branca apresentou diferença estatisticamente significativa entre as rotações no tempo de 180 minutos. Para o tempo de 360 minutos, houve diferença estatística entre as rotações 30, 45, 60 e 75 RPM, sendo estatisticamente iguais somente as viscosidades entre as rotações de 75 e 90 RPM. Comparando entre os tempos 180 e 360 minutos, pode-se avaliar a diferença estatisticamente significativa para todas as rotações.

**Tabela 09 - Resultados de reologia foto estimulação cor controle.**

Ausência de cor	Rotação (rpm)	Tempo (min)	
		180	360
CONTROLE	30	267 ± 10,07 <sup>aB</sup>	404 ± 38,08 <sup>aA</sup>
	45	195 ± 6,58 <sup>bB</sup>	275 ± 10,89 <sup>bA</sup>
	60	158 ± 4,28 <sup>cB</sup>	224 ± 2,2 <sup>cA</sup>
	75	138 ± 6,05 <sup>dB</sup>	187 ± 3,15 <sup>cdA</sup>
	90	118 ± 2,25 <sup>eB</sup>	166 ± 5,65 <sup>dA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada tempo - Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada nível de rotação.

**Fonte: Autoria própria (2016).**

A amostra controle não foi exposta a nenhuma luminosidade, também foi a que apresentou maior viscosidade em 30 RPM e exibiu diferença estatisticamente significativa entre as rotações de 30, 45, 60, 75 e 90 RPM para o tempo de 180 minutos. Em 360 minutos, observa-se que em 75 RPM o resultado do teste Tukey apresentou-se estatisticamente igual às rotações de 60 e 90 RPM. Analisando as rotações nos diferentes tempos, consegue-se observar que há diferença estatisticamente significativa para 30, 45, 60 75 e 90 RPM.

**Tabela 10 - Resultados de reologia foto estimulação cor vermelho.**

Cor	Rotação (rpm)	Tempo (min)	
		180	360
VERMELHO	30	33 ± 4,18 <sup>aB</sup>	384 ± 23,97 <sup>aA</sup>
	45	20 ± 1,06 <sup>bB</sup>	242 ± 6,24 <sup>bA</sup>
	60	15 ± 0,48 <sup>bcB</sup>	194 ± 3,7 <sup>cA</sup>
	75	16 ± 1,69 <sup>bcB</sup>	170 ± 4,14 <sup>cdA</sup>
	90	13 ± 0,45 <sup>cB</sup>	147 ± 5,7 <sup>dA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada tempo - Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras para cada nível de rotação.

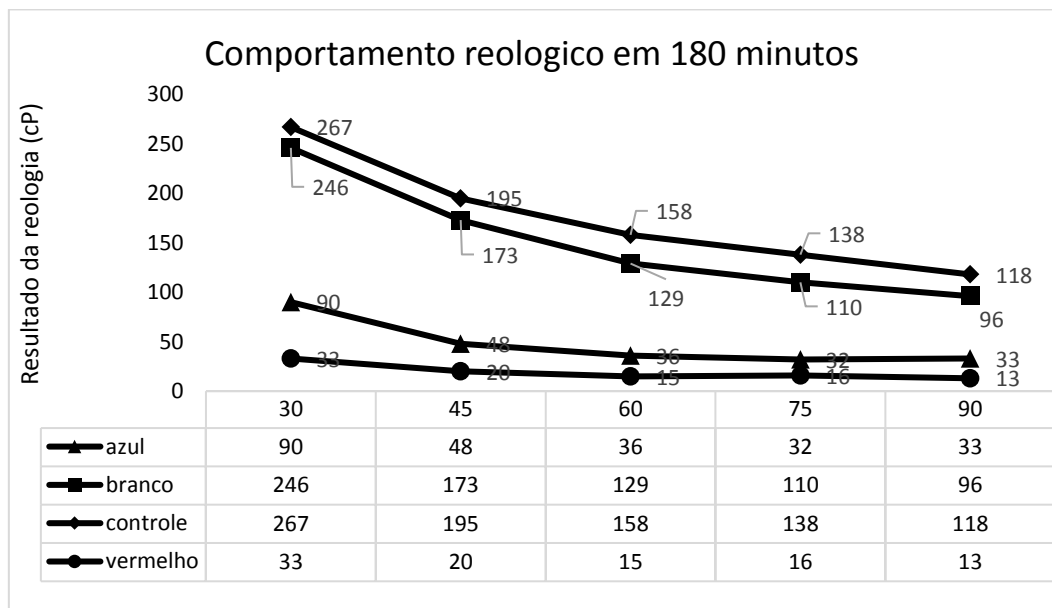
**Fonte: A autoria própria (2016).**

As amostras de iogurte que receberam a foto estimulação perante a luz vermelha apresentaram a menor viscosidade para o tempo de 180 minutos esse fato segundo GOMES et. al. 2009, pode ser decorrente da menor concentração de sólidos totais, tratamento térmico e homogeneização insuficiente, agitação incorreta, destruição do gel durante a acidificação tipo da cultura láctica e temperatura de incubação muito baixa. Analisando estatisticamente os dados, pode-se constatar que houve diferença significativa entre a viscosidade para as rotações 30,45 e 90 RPM sendo as viscosidades nas rotações de 60 e 75 RPM, estatisticamente iguais entre si e entre as rotações de 45 e 90 RPM. Para o tempo de 360 minutos, as viscosidades diferiram-se estatisticamente para as rotações de 30, 45, 60 e 90 RPM, com resultado estatisticamente igual para rotação de 75 RPM em relação às rotações de 60 e 90 RPM. Analisando entre os tempos de 180 e 360 minutos comprova-se que houve diferença estatisticamente significativa através do Teste Tukey.

Observando os resultados de todas as tabelas referentes às análises reológicas, pode-se verificar que dentro de cada tabela com a mesma rotação e

tempos diferentes o teste Tukey mostra que existe diferença significativa entre as amostras, isto ocorre porque o processo estava em andamento assim ocorreu maior formação de gel ao longo do tempo. O iogurte natural exposto à luz azul apresentou a maior viscosidade e variação entre a rotação de 30 rpm e 90 rpm, para o tempo de 360 minutos. A amostra controle apresentou maior viscosidade com rotação de 30 rpm e no tempo de 180 minutos e o iogurte exposto à luz branca apresentou maior variação entre as rotações de 30 rpm e 90 rpm para o tempo de 180 min.

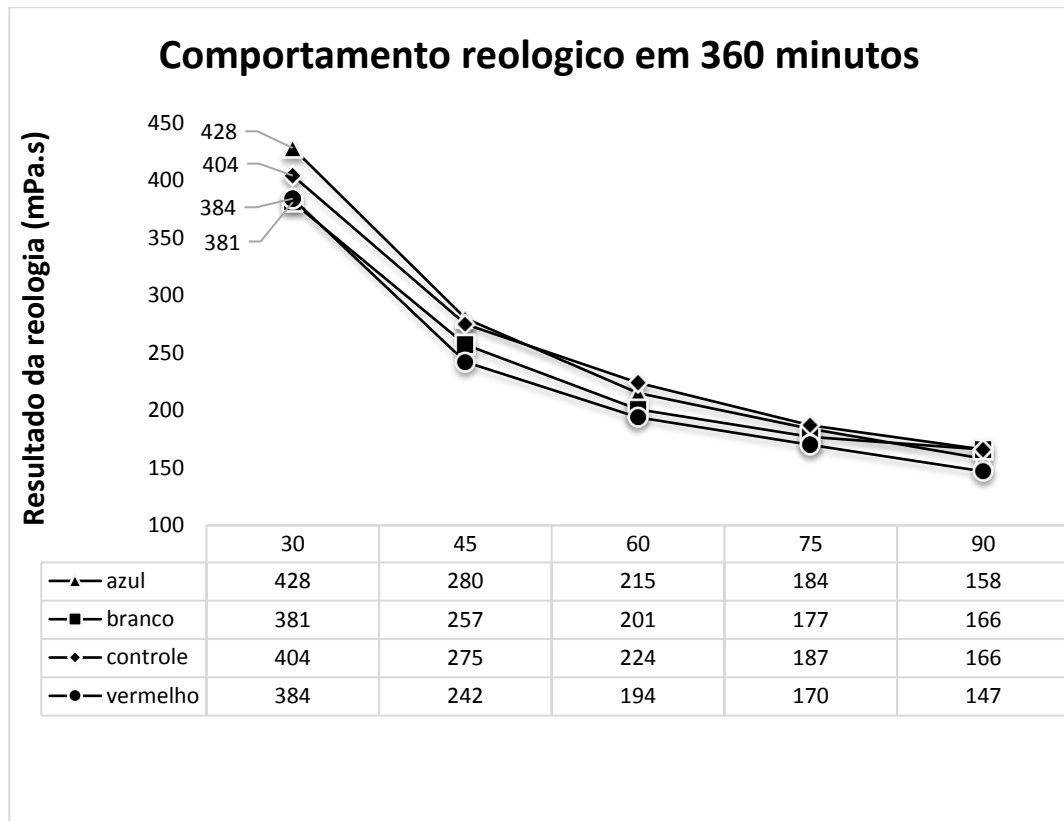
**Gráfico 03 – Comportamento Reológico em 180 minutos.**



**Fonte: Autoria Própria (2016).**

O gráfico 03 demonstra o comportamento reológico em 180 minutos, onde pode-se interpretar a amostra controle com maior viscosidade, seguida da amostra exposta à luz branca onde ambos tiveram formação significativa de gel, já as amostras expostas às luzes azul e vermelha, destacam-se pela não formação do gel em 180 minutos, este comportamento é verificado facilmente pelas curvas plotadas no gráfico.

Gráfico 04 – Comportamento reológico em 360 minutos.



Fonte: Autoria própria (2016).

O gráfico 04 demonstra o comportamento reológico das amostras expostas à foto estimulação em 360 minutos. Pode-se destacar a amostra exposta à luz azul, a qual apresentou maior valor de viscosidade para 30 RPM (rotação baixa, comparável à colherada no consumo do iogurte), o que pode ser entendido pela maior formação de gel devido à foto estimulação comparando-se com os outros tratamentos.

Podemos também analisar a amostra azul comparando os resultados obtidos no abaixamento do pH com a reologia, devido ao fato da amostra azul ter um abaixamento de pH mais brando, o produto não sofreu sinérese o que pode ter contribuído para melhor formação do gel.

A textura apropriada dos produtos com teor de gordura baixo pode ser alcançada através da escolha de uma cultura láctica composta por bactérias que produzam substâncias que melhorem a viscosidade e a cremosidade do produto final, e também a utilização de sólidos de origem láctea, como os concentrados proteicos e/ou misturas de hidrocolóides (GOMES, 2009).

A viscosidade é um fator importante para o consumidor na escolha do iogurte, influencia na aceitação do produto pelo mercado e deve ser controlado durante o processo de produção. É interessante para um produto livre de aditivos, formar uma viscosidade relevante. Embora os iogurtes produzidos pela maioria das indústrias, a viscosidade é desenvolvida através de espessantes e aditivos.

## 5 CONCLUSÃO

Concluimos que no meio da fermentação a foto estimulação é positiva para os primeiros 90 minutos, sendo a luz branca o que apresentou melhor desempenho no abaixamento de pH, para viscosidade observamos que o espectro de luz azul estimulou positivamente a formação de gel no final do processo, já a cor não observamos influência positiva, porém em todos os casos existe a necessidade de estudos mais detalhados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANTUNES, Adriane Elisabete Costa; CAZETTO, Thalita Filier; BOLINI, Helena Maria André. **IOGURTES DESNATADOS PROBIÓTICOS ADICIONADOS DE CONCENTRADO PROTÉICO DO SORO DE LEITE: PERFIL DE TEXTURA, SINÉRESE E ANÁLISE SENSORIAL**. 2004. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiF6vCwXo3QAhWDhJAKHYd-AGcQFggbMAA&url=http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/download/63/78&usg=AFQjCNFTsHaj5YseP6UIq6yiHIIWMcwXsA&bvm=bv.137132246,d.Y2I>>. Acesso em: 05 set. 2016.

BENEVIDES, Alexandre Bergmann Ypiranga; BORTOLOSSO, Cássio; OLIVEIRA, Matheus Berger. **DIODOS EMISSORES DE LUZ (LEDs)**. 2010. Disponível em: <[https://chasqueweb.ufrgs.br/~hklimach/E061/Trabalho\\_2/LEDs.pdf](https://chasqueweb.ufrgs.br/~hklimach/E061/Trabalho_2/LEDs.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2015.

BRANDÃO, S. C. C. **Tecnologia da produção industrial do iogurte. Revista Leite e Derivados**. v. 5, n. 25, p. 24-38, 1995.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 23 de outubro de 2007. Adota o **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 de out. de 2007.

BIOGERALDO, *BIOLOGIA ENERGÉTICA*. s/l.s/e.s/d

CARMINATTI, Claudimir Antonio. **Ensaio de Hidrólise Enzimática da Lactose em Reator a Membrana Utilizando Beta-Galactosidase *Kluyveromyces lactis***. 2001. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Petrus/publication/237216665\\_Ensaio\\_de\\_Hidrolise\\_Enzimatica\\_da\\_Lactose\\_em\\_Reator\\_a\\_Membrana\\_Utilizando\\_Beta-](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Petrus/publication/237216665_Ensaio_de_Hidrolise_Enzimatica_da_Lactose_em_Reator_a_Membrana_Utilizando_Beta-)

Galactosidase\_Kluyveromyces\_lactis/links/543bcb260cf24a6ddb97a6a3.pdf>.  
Acesso em: 20 nov. 2016.

CERVI, Murilo. **REDE DE ILUMINAÇÃO SEMICONDUTORA PARA APLICAÇÃO AUTOMOTIVA**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_arquivos/7/TDE-2007-03-02T105345Z-422/Publico/MURILOCERVI.pdf](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/7/TDE-2007-03-02T105345Z-422/Publico/MURILOCERVI.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

CONEXLED, 2016. Disponível em: <http://www.conexled.com.br/sobre/led/>.

COSTA, Ana. **Fermentação láctica**. 2009. Disponível em: <<http://catarina-biogeo.blogspot.com.br/2009/05/fermentacao-lactica.html>>. Acesso em: 25 jun. 2015.

EQUIPE MILKPOINT (Brasil). **Alongamento da crise reduz o consumo de iogurtes no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de-noticias/alongamento-da-crise-reduz-o-consumo-de-iogurtes-no-brasil-100976n.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

FISCHER, Janaína. **Hidrólise de Lactose por  $\beta$ -galactosidase de *Aspergillus oryzae* Imobilizada em Reator de Leito Fixo**. 2010. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <[http://www.btdt.ufu.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=3179](http://www.btdt.ufu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3179)>. Acesso em: 20 abr. 2015.

FRASSON, Antonio C.; OLIVEIRA JUNIOR, Constantino R. de. **Licenciatura em Educação Física: Metodologia da Pesquisa Científica**. Ponta Grossa: Nutead – UEPG, 2009. 174 p.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas 2008.

GOMES, Raquel Guttierres; PENNA, Ana Lúcia Barretto. **Características reológicas e sensoriais de bebidas lácteas funcionais**. 2009. Disponível em:



<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/3571/2884>>. Acesso em: 12 out. 2016.

Jay JM. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed., Porto Alegre: Artmed, 2005.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L\*a\*b\***. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

LEAL, Adelson

Belizário. **ESTUDO DO ESCOAMENTO DE FLUIDOS NÃO-NEWTONIANOS EM DUTOS**. 2005. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, UFRJ, Seropédica, 2005.

LEMES, Gislaine Franco. **ESTABILIDADE DA COR E TEOR DE VITAMINA C DO IOGURTE ELABORADO COM CORANTES DE BETALAÍNA MICROENCAPSULADOS EM SPRAY DRYER**. 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1428/1/CM\\_COALM\\_2012\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1428/1/CM_COALM_2012_2_10.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2016.

LICODIEDOFF, Silvana; AQUINO, Arislete Dantas de; GODOY, Rossana Catie Bueno de. **Avaliação da sinérese em geléia de abacaxi por meio de análise uni e multivariada**. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/3566/5654>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LONGO, Giovana. **INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE LACTASE NA PRODUÇÃO DE IOGURTES**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <[file:///C:/Users/Rovere/Documents/eng quimica/artigos para tcc/Dissertação-GIOVANA-LONGO-Tec-Alimentos-2006.pdf](file:///C:/Users/Rovere/Documents/eng%20quimica/artigos%20para%20tcc/Disserta%C3%A7%C3%A3o-GIOVANA-LONGO-Tec-Alimentos-2006.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2015.

MAGDALENA ARYA (Canada). Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food**. 2002. Disponível em: <[http://www.who.int/foodsafety/fs\\_management/en/probiotic\\_guidelines.pdf](http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf)>. Acesso em: 30 abr 2015.

MAPRIC. **PROBIÓTICO *STREPTOCOCCUS TERMOPHILUS***. s/l.s/e.s/d.

MAPRIC, **PROBIÓTICO *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*** . s/l.s/e.s/d.

MAPRIC, **PROBIÓTICO *BIFIDUS BIFDUM***. s/l.s/e.s/d.

MORAES, Elisabete Caria; FIORIO, Peterson Ricardo. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em:

<[http://www.ler.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LEB5838/Peterson/Fundamentos\\_energia\\_pos.pdf](http://www.ler.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LEB5838/Peterson/Fundamentos_energia_pos.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

NAGASE, Danielle. **Conheça diferentes tipos de iogurte e prepare uma versão caseira**. 2013. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/comida/2013/05/1282572-conheca-diferentes-tipos-de-iogurte-e-prepare-uma-versao-caseira.shtml>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

PENNA, Francisco José; A.P. FILHO, Luciano; CALÇADO, Antônio Celso. **Bases experimentais e clínicas atuais para o emprego dos probióticos**. *Jornal da Pediatria*. Belo Horizonte, p. 209-217. 2000. Disponível em:

<[www.jpmed.com.br/conteudo/00-76-S209/port.pdf](http://www.jpmed.com.br/conteudo/00-76-S209/port.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2015.

PRECEPTA. **Para ser absorvida no intestino delgado, a lactose deve ser hidrolisada pela enzima lactase em**. Disponível em:

<<http://www.precepta.com.br/desafio/para-ser-absorvida-intestino-delgado-lactose-deve-ser-hidrolisada-pela-enzima-lactase-em/2/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

RANGEL, M. G.; SILVA, P. B.; GUEDE J. R. A. **Led – Iluminação de Estado Sólido**. São José do Campos, 2009. Disponível em <

[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2009/anais/arquivos/0508\\_0224\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0508_0224_01.pdf)>.

Acessi em: 20 abr. 2015.

RICHARDSON, Roberto Jarry; et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo : Atlas, 2008.

ROBERT, Noely Forlin. **Fabricação de iogurtes**. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2008. Disponível em:

<<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mzlw>>. Acesso em: 20 abr. 2015

ROBIM, Monalisa Santuchi. **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MARCAS DE LEITE UAT COMERCIALIZADAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E O EFEITO DA FRAUDE POR ÁGUAGEM NA FABRICAÇÃO, COMPOSIÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE IOGURTE**. 2011. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011. Disponível em: <[http://www.uff.br/higiene\\_veterinaria/teses/M-monalisa.pdf](http://www.uff.br/higiene_veterinaria/teses/M-monalisa.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2015.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **Fermentação**. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/fermentacao.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria – Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2006. 240 p.

SILVA, Anne Rafaela et al. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO CINÉTICO E REOLÓGICO DA FERMENTAÇÃO LÁTICA NA PRODUÇÃO DO IOGURTE NATURAL**. 2012. Disponível em: <[http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/engenharia/estudo do comportamento.pdf](http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/engenharia/estudo_do_comportamento.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2016.

SILVA, Paula Floriano da; MARQUES, Virgínia Figueira. **COAGULAÇÃO DE PROTEÍNAS DO LEITE**. Disponível em: <[http://www.farmacia.ufrj.br/consumo/disciplinas/t\\_qb\\_kit\\_ponto\\_iseletrico\\_e\\_coagu\\_lacao\\_de\\_proteinas.pdf](http://www.farmacia.ufrj.br/consumo/disciplinas/t_qb_kit_ponto_iseletrico_e_coagu_lacao_de_proteinas.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

SILVA, Paulo Henrique Fonseca da. **Aspectos de Composição e Propriedades**. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc06/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). **Metabolismo Energético Microbiano**. Disponível em: <[http://docente.lages.ifsc.edu.br/ana.veeck/MaterialDidatico/2015-I/TECNOLOGIA DE CULTIVO DE MICROORGANISMOS/Metabolismo Energético Microbiano - Fermentação.pdf](http://docente.lages.ifsc.edu.br/ana.veeck/MaterialDidatico/2015-I/TECNOLOGIA_DE_CULTIVO_DE_MICROORGANISMOS/Metabolismo_Energético_Microbiano_-_Fermentação.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2015.

USP (São Paulo). Vanderlei Salvador Bagnato; Everton Sergio Estracanholti; Igor Palikarpov. **Uso de foto-estimulação para aceleração da fermentação no processo de produção de cerveja e chope**. BR nº PI 1005279-8 A2, 29 dez. 2010, 16 abr. 2013. Disponível em: <[http://www.inovacao.usp.br/editais\\_auSpin/Anexos/01\\_2014/PI1005279-8.pdf](http://www.inovacao.usp.br/editais_auSpin/Anexos/01_2014/PI1005279-8.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2016.

TRUJILLO FERRARI, A. **Metodologia da Pesquisa**. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1982.

VENTURINI-FILHO, W. G.; **Bebidas não alcoólicas: Ciência e tecnologia**. Editora: Blucher, v.2, 2010.

Zaia, D. A. M.; Zaia, C. T. B. V.; Lichtig, J.; *Quim. Nova* 1998, 21, 787. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2914.pdf>>. Acesso em: 05. junho. 2015.

## Anexos

### Resultados de a\*

LUZ / TEMPO	CONTROLE	AZUL	VERMELHO	BRANCO
30	-1,460 ± 0,030 <sup>aB</sup>	-1,417 ± 0,025 <sup>aB</sup>	-1,407 ± 0,029 <sup>aB</sup>	-1,420 ± 0,017 <sup>aB</sup>
180	-1,167 ± 0,050 <sup>aA</sup>	-1,090 ± 0,053 <sup>aA</sup>	-1,147 ± 0,023 <sup>aA</sup>	-1,110 ± 0,026 <sup>aA</sup>
360	-1,167 ± 0,032 <sup>bA</sup>	-1,153 ± 0,042 <sup>abA</sup>	-1,130 ± 0,026 <sup>abA</sup>	-1,083 ± 0,015 <sup>aA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada tempo – Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

Fonte: Aatoria própria (2016).

### Resultados de b\*

LUZ / TEMPO	CONTROLE	AZUL	VERMELHO	BRANCO
30	3,013 ± 0,080 <sup>bB</sup>	3,017 ± 0,032 <sup>bB</sup>	3,067 ± 0,023 <sup>abC</sup>	3,150 ± 0,026 <sup>aB</sup>
180	4,117 ± 0,050 <sup>aA</sup>	3,987 ± 0,040 <sup>bA</sup>	4,107 ± 0,031 <sup>aB</sup>	3,960 ± 0,046 <sup>bA</sup>
360	4,240 ± 0,030 <sup>aA</sup>	4,093 ± 0,085 <sup>bA</sup>	4,360 ± 0,026 <sup>aA</sup>	4,043 ± 0,045 <sup>bA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada tempo – Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

Fonte: Aatoria própria (2016).

### Resultados do Chroma

LUZ / TEMPO	CONTROLE	AZUL	VERMELHO	BRANCO
30	3,347 ± 0,081 <sup>aB</sup>	3,327 ± 0,032 <sup>aB</sup>	3,373 ± 0,031 <sup>aC</sup>	3,450 ± 0,026 <sup>aB</sup>
180	4,280 ± 0,066 <sup>aA</sup>	4,137 ± 0,042 <sup>bcA</sup>	4,263 ± 0,035 <sup>abB</sup>	4,113 ± 0,050 <sup>cA</sup>
360	4,397 ± 0,035 <sup>abA</sup>	4,250 ± 0,095 <sup>bcA</sup>	4,503 ± 0,031 <sup>aA</sup>	4,187 ± 0,040 <sup>cA</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada tempo – Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

Fonte: Aatoria própria (2016).

### Resultados de Hue

LUZ / TEMPO	CONTROLE	AZUL	VERMELHO	BRANCO
30	115,870 ± 0,597 <sup>aA</sup>	115,107 ± 0,527 <sup>abA</sup>	114,640 ± 0,436 <sup>bA</sup>	114,217 ± 0,204 <sup>bA</sup>

180	105,730 ± 0,483 <sup>aB</sup>	105,273 ± 0,613 <sup>aB</sup>	105,587 ± 0,232 <sup>aB</sup>	105,673 ± 0,300 <sup>aB</sup>
360	105,363 ± 0,272 <sup>aB</sup>	105,700 ± 0,225 <sup>aB</sup>	104,570 ± 0,262 <sup>bC</sup>	105,010 ± 0,314 <sup>abB</sup>

Letras maiúsculas iguais na mesma linha indicam que não há diferença entre as amostras para cada tempo – Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam que não há diferença entre as amostras para cada comprimento de onda, em um nível de confiança de 95% segundo o teste de Tukey.

**Fonte: Autoria própria (2016).**