

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**JANAYNA PRESA DA SILVA**

**PRODUÇÃO DE BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE EXTRATO  
DE QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD)**

**MARINGÁ**

**2015**

**JANAYNA PRESA DA SILVA**

**PRODUÇÃO DE BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DE EXTRATO  
DE QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Química. Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos.

Orientação: Prof. Flávio Faria de Moraes, PhD  
Coorientação: Prof. Dr. José Eduardo Olivo

**MARINGÁ**

**2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

S586p Silva, Janayna Presa da  
Produção de bebida fermentada a partir de extrato de  
quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*) / Janayna Presa da Silva.  
-- Maringá, 2015.  
79 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Faria de Moraes.  
Co-orientador: Prof. Dr. José Eduardo Olivo.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá,  
Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Química - Área de Concentração: Desenvolvimento  
de Processos, 2015.

1. Quinoa. 2. Fermentação. 3. Bebida. I. Moraes, Flávio  
Faria de, orient. II. Olivo, José Eduardo, coorient. III.  
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia.  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Área de  
Concentração: Desenvolvimento de Processos. IV. Título.

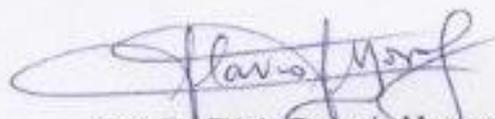
CDD 21.ed. 664.7

AHS-002799

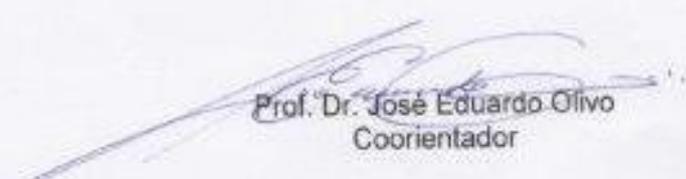
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

Esta é a versão final da Dissertação de Mestrado apresentada por Janayna Presa da Silva perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Engenharia Química em 20 de fevereiro de 2015.

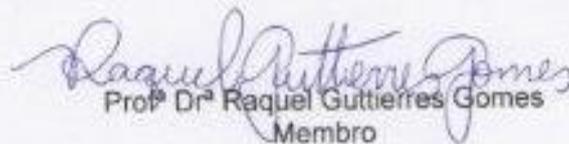
COMISSÃO JULGADORA



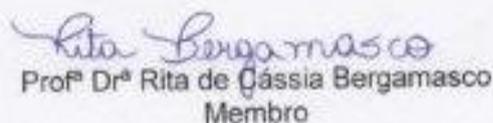
Prof. Dr. Flávio Faria de Moraes  
Orientador / Presidente



Prof. Dr. José Eduardo Olivo  
Coorientador



Prof. Dr. Raquel Gutierrez Gomes  
Membro



Prof. Dr. Rita de Cássia Bergamasco  
Membro

Se a educação sozinha não pode transformar a sociedade, tampouco sem ela a sociedade muda.

Paulo Freire.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelos esforços ao longo dos anos, por abrirem mão de suas próprias necessidades para nos oferecer o que de melhor podiam proporcionar.

Ao meu irmão, por ser uma fonte de lembranças, pelo companheirismo e pela partilha de conhecimento que tanto nos enriquece.

Ao meu namorado, por seu amor e apoio incondicionais. Obrigada por ser meu fiel companheiro, confidente e por tolerar as minhas constantes ausências no decorrer deste mestrado.

A vocês dedico não apenas este trabalho, mas a minha vida!

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço ao Criador pelo dom da vida, pela oportunidade de desenvolvimento e aperfeiçoamento durante esta breve passagem terrena.*

*Ao meu orientador, Prof. Flávio, por aceitar orientar este trabalho e por sua contribuição no decorrer deste mestrado.*

*Ao meu coorientador, Prof. Olivo, por todo conhecimento dividido, por sua paciência e preocupação com a realização do trabalho.*

*À Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raquel Guttierres Gomes pela amizade, sugestões, por todos os milhares de favores prestados e pela ajuda nas análises reológicas.*

*Ao Prof. Dr. Benício Alves de Abreu Filho, por sua pronta disposição em contribuir nos momentos que precisei e pelas análises microbiológicas que complementaram o trabalho.*

*Aos engenheiros do laboratório, Lauro e Luiza por estarem sempre dispostos a nos auxiliar.*

*À Isabela, pela amizade, companheirismo e por todo o auxílio, principalmente no início do curso de mestrado.*

*À Camila, pela amizade, por todas as histórias compartilhadas e apoio no laboratório.*

*Aos meus amigos e colegas do programa de mestrado pela ajuda mútua e convívio, em especial à Ana, Jéssica, Tati, Carlos Eduardo e Fernando.*

*Aos meus amigos, que felizmente são muitos e não caberiam aqui todos os nomes. Apesar da distância, carrego as boas lembranças em minha memória e os agradeço por deixarem um pouco de vocês em mim e por me transformarem em uma pessoa melhor.*

*À Embrapa pelo fornecimento dos grãos de quinoa.*

*À COCAMAR pelo fornecimento de aroma mascarante de soja.*

*À CAPES pelo auxílio financeiro e concessão da bolsa.*

*Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá.*

*A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.*

## RESUMO

A quinoa é um grão de alto valor nutricional que tem sido explorada por pesquisadores especialmente nos últimos anos, devido às suas características nutricionais e sua adaptabilidade de cultivo em áreas de condições restritivas de clima e solo. A produção de bebida fermentada a base de quinoa é uma alternativa alimentar aos consumidores com restrições alimentares e àqueles que vivem em regiões em que a disponibilidade de proteínas de origem animal seja escassa. A metodologia usada para produção da bebida neste trabalho é de fácil reprodutibilidade e viável para a escala industrial e artesanal. As metodologias usadas para análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais visaram avaliar as mudanças no decorrer do processo de elaboração do produto e a qualidade do produto final, seguindo padrões internacionais e nacionais de análise. O tempo de fermentação variou entre quatro a seis horas para atingir pH 4,6 e a acidez titulável final, apresentou-se próxima de 1,50%. Devido à provável ação de amilases presentes naturalmente no grão de quinoa e à acidez do produto fermentado, a quantidade de açúcar redutor (AR) aumentou ao longo do período fermentativo. Em média, para cada litro de extrato, 3,98 g de açúcares foram consumidos pelas bactérias lácticas durante o período fermentativo. O conteúdo proteico das formulações desenvolvidas variou entre 0,50 a 0,69%, valores abaixo das expectativas. As formulações melhor avaliadas sensorialmente foram a amostra com adição de polpa de maracujá cuja nota recebida foi 6,53 e a amostra com adição de polpa de maracujá e goma carragena, que recebeu nota 6,09 para a “avaliação global”. Conclui-se que a produção de bebida fermentada à base de quinoa pode ser uma alternativa viável comercialmente. A bebida à base de quinoa oferece uma maior variedade de alimentos para indivíduos portadores de alergias e intolerâncias alimentares, ou ainda, àqueles que vivem em circunstâncias de insegurança alimentar. Contudo, algumas etapas do processamento podem ser otimizados para que haja um melhor aproveitamento nutricional e sensorial do produto.

**Palavras-chave:** Quinoa; Fermentação; Bebida.

## ABSTRACT

Quinoa is a grain of high nutritional value that has been explored by researchers especially in last years, due to its nutritional characteristics and adaptability of cultivation in areas of restrictive conditions of climate and soil. Production of fermented beverage quinoa based is an alternative food to consumers with food restriction and to those who live in regions where availability of animal protein is scarce. The methodology used to the production of the beverage in this study, can be easily replicated and viable to industrial and artisanal scale. Methodologies used to physic-chemical, microbiological and sensory analysis assessing changes during elaboration of the product and its final quality, following international and national standards analysis.. The time of fermentation ranged between four to six hours to achieve pH 4.6 and final titratable acidity was approximately 1.50%. Due to the action of amylases naturally present at the grain of quinoa and to acidity of the fermented product, the quantity of reducer sugar (RS) increased during the fermentative period. The protein content of developed formulations ranged between 0.50 to 0.69%, these values do not satisfied the expectations. The formulations which were best evaluated on sensory analysis received grades 6.53 to formulation with addition of passion fruit pulp and 6.09 to formulation with addition of passion fruit pulp and carrageenan gum, in relation to the “overall assessment”. It can be concluded that production of fermented quinoa based beverage is commercially viable. Beverage quinoa based offers greater variety to individuals who have food allergies or intolerances, or to those that live in situation of food insecurity. However some adjustments during elaboration process are suggested to improve its nutritional contents and sensorial acceptability.

**Key words:** Quinoa; Fermentation; Beverage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração dos microrganismos <i>S. thermophilus</i> e <i>L. bulgaricus</i> obtidos por microscopia de varredura.....	22
Figura 2 - Reação de redução de piruvato a lactato pela ação da enzima Lactato desidrogenase.....	23
Figura 3 - Curva de desenvolvimento simbiótico de cultura láctica durante a fermentação.....	24
Figura 4 – Fluxograma de produção de bebida fermentada a base de quinoa .....	30
Figura 5 - Representação gráfica dos valores médios de pH em função do tempo de fermentação .....	38
Figura 6 - Representação gráfica dos valores médios de % de acidez titulável (v/v) em função do tempo de fermentação.....	41
Figura 7 - Representação gráfica dos valores médios de açúcares redutores (AR) em função do tempo de fermentação.....	44
Figura 8 - Aspecto visual das amostras obtidas durante a fermentação (42°C) e pós-fermentação (5°C).....	50
Figura 9 - Representação gráfica da tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e a taxa de cisalhamento ( $\gamma$ ) para as Formulações F1, F2 e F3 à temperatura de 25°C.....	57
Figura 10 - Imagem das formulações F1, F2 e F3, respectivamente, armazenadas por 2 dias à temperatura de 5°C.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição de aminoácidos essenciais de quinoa, cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão FAO em g/100g de proteína. ....	16
Tabela 2: Conteúdo de vitaminas e minerais de sementes de quinoa.....	18
Tabela 3: Composição do grão em genótipos de quinoa.....	18
Tabela 4: Principais países produtores de quinoa.....	19
Tabela 5: Variação de pH de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada.....	38
Tabela 6: Variação de acidez titulável de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada.....	39
Tabela 7: Acidez titulável obtida para pH 4,6 por interpolação simples.....	40
Tabela 8: Velocidade instantânea de produção de ácido láctico (dP/dt) em (mL/L.h). ....	42
Tabela 9: Medidas de AR em g/L de acordo com o tempo de fermentação e ordem de batelada ..... .....	44
Tabela 10: Medidas de ART em g/L de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada a ..... .....	46
Tabela 11: Medidas de proteínas solúveis em g/L de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada.....	47
Tabela 12: Contagem das bactérias ácido-láticas (BAL). ....	48
Tabela 13: Média das análises das análises físico-químicas para as formulações F1, F2 e F3..... .....	52
Tabela 14: Média e desvio padrão da avaliação dos parâmetros K (índice de consistência) e n (índice de comportamento de escoamento) obtidos pela Lei de Potência.....	56
Tabela 15: Percentual médio e desvio padrão de índice de sinérese das formulações F1, F2 e F3..... .....	59
Tabela 16: Média e desvio padrão resultantes da análise sensorial de escala hedônica para formulações F1, F2 e F3 ..... .....	60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos específicos .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 MATÉRIA-PRIMA .....	15
2.2 CULTIVO DA QUINOA NO BRASIL .....	19
2.3 FERMENTAÇÃO POR CULTURAS INICIADORAS (STARTERS) .....	20
2.4 BEBIDAS FERMENTADAS E VALOR FUNCIONAL.....	25
2.5 MOTIVAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BEBIDAS DE FONTE VEGETAL.....	26
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
3.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA BEBIDA .....	29
3.1.1 Preparação do inóculo .....	29
3.1.2 Produção da bebida fermentada .....	29
3.1.3 Fermentação .....	30
3.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS .....	31
3.2.1 Medidas de pH .....	31
3.2.2 Acidez titulável .....	31
3.2.3 Velocidade instantânea de produção de ácido lático.....	31
3.2.4 Açúcares redutores e açúcares redutores totais .....	32
3.2.5 Proteínas solúveis totais .....	32
3.2.6 Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL).....	32
3.3 ANÁLISE VISUAL.....	33
3.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES DESENVOLVIDAS .....	33
3.4.1 Perda por dessecação - Umidade .....	33
3.4.2 Resíduo por incineração – Cinzas.....	33
3.4.3 Proteínas totais .....	33
3.4.4 Lipídeos Totais.....	34
3.5 ANÁLISE REOLÓGICA .....	34
3.6 ÍNDICE DE SINÉRESE .....	35
3.7 ANÁLISE SENSORIAL .....	35
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	35
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	36
4.1 PARÂMETROS CINÉTICOS.....	36
4.1.1 Potencial Hidrogeniônico – pH .....	36
4.1.2 Acidez Titulável .....	39
4.1.3 Velocidade instantânea de produção de ácido lático.....	41
4.1.4 Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Redutores Totais (ART) .....	43
4.1.5 Proteínas solúveis totais .....	46
4.1.6 Contagem das bactérias ácido-láticas (BAL).....	48
4.2 ANÁLISE VISUAL.....	49
4.2.1 Hipóteses para a não coagulação das proteínas.....	51
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS PARA AS FORMULAÇÕES F1, F2 E F3.....	52
4.3.1 Umidade – Perda por dessecação.....	52

<b>4.3.2 Cinzas – Resíduo por incineração</b> .....	53
<b>4.3.3 Proteína bruta</b> .....	54
<b>4.3.4 Lipídeos totais</b> .....	55
4.4 ANÁLISE REOLÓGICA.....	58
4.5 ÍNDICE DE SINÉRESE.....	58
4.7 ANÁLISE SENSORIAL.....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
<b>6 SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS</b> .....	64
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65
<b>ANEXOS</b> .....	74

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a alimentação tem exigido das indústrias alimentícias adaptações urgentes às necessidades de uma nova classe consumidora que se forma. Devido ao maior acesso a informação, o consumidor atual é muito mais exigente com os produtos oferecidos pelo mercado do que há alguns anos. A procura por alimentos que não apenas suprem as necessidades nutritivas básicas, mas que também tenham capacidade prebiótica é crescente no país.

Apesar de estes alimentos possuírem custo mais elevado em alguns casos, este não é necessariamente um empecilho, já que o poder de compra do brasileiro aumentou nos últimos anos, estando disposto a pagar mais por um produto de melhor qualidade. A busca por uma maior diversificação de alimentos visa oferecer melhores benefícios nutricionais aos consumidores, além de proporcionar mais opções àqueles que possuem restrições alimentares por razões médicas ou por adotarem um estilo diferente de vida, como os veganos.

Os iogurtes e bebidas fermentadas são alguns dos derivados lácteos mais consumidos pelos brasileiros. No entanto, pesquisas indicam que uma parcela significativa da população sofre de transtornos gastrointestinais, como alergias e intolerâncias alimentares ao consumir alimentos de origem láctea.

Alergia alimentar é denominada como toda reação adversa dirigida ao componente proteico do alimento e que envolve mecanismo imunológico (SICHERER; SAMPSON, 2006). Quanto aos números no Brasil, em inquérito epidemiológico realizado em consultórios de gastroenterologistas pediátricos nas regiões sul e sudeste do país, 7,4% de 9.478 crianças apresentaram suspeita de alergia alimentar, 77% dos casos relacionados ao leite de vaca, segundo Vieira et al. (2005 apud PEREIRA; SILVA, 2008).

Para indivíduos intolerantes a lactose, aconselha-se ingestão da enzima lactase previamente ao consumo de laticínios ou evitar o consumo de produtos com alto teor de lactose (VOGEL, 2000). Contudo, indivíduos com graus mais brandos de intolerância à lactose podem consumir alguns produtos lácteos fermentados, tendo em vista que a lactose presente nestes alimentos é mais digerível do que aquela presente no leite (LIN et al., 1991). Vislumbra-se nestas circunstâncias de restrições alimentares um nicho de mercado que se abre aos produtos com características próximas às dos iogurtes, bebidas fermentadas e sobremesas, mas que não sejam derivadas de leite.

A quinoa além de ser um alimento isento de glúten e lactose tem se tornado cada vez mais popular devido ao conhecimento de seu alto valor nutricional e ótimo equilíbrio de aminoácidos, em alguns casos comparável à distribuição de aminoácidos de origem animal. Este alimento passa a se tornar uma opção viável nutricionalmente para auxiliar no combate à desnutrição no mundo, especialmente em áreas de extrema pobreza, nas quais a produtividade do gado leiteiro ou animais de corte é baixa. Neste sentido, a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) declarou 2013 como o “Ano Internacional da Quinoa” e têm incentivado o cultivo desta planta não apenas na região andina de onde é típica, mas em diversas partes do mundo onde o seu plantio possa ser viável. Portanto, o desenvolvimento de novas formas de inserção da quinoa na dieta se faz necessária, e a produção de sua bebida fermentada pode ser uma delas.

Embora a fermentação principalmente de alimentos lácteos, tenha surgido como uma forma de conservação, atualmente sua aplicação é mais destinada ao desenvolvimento de sabor agradável nos alimentos e em alguns casos ao valor nutracêutico agregado ao produto. As bactérias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus* são considerados algumas das culturas lácticas mais empregadas em processos fermentativos devido à sua alta eficiência quando empregados conjuntamente, atribuída à relação de simbiose existente entre estes microrganismos.

O grão de quinoa atualmente possui um alto valor de mercado, entre R\$ 60,00 a 70,00/ kg nos estabelecimentos locais da região de Maringá, o que o torna bastante restrito às pessoas com melhores condições financeiras e bem instruídas sobre os benefícios do grão. Questionamentos sobre a viabilidade comercial de uma bebida proveniente da quinoa são válidos. Contudo, existem expectativas reais de que o seu custo possivelmente diminuirá nos próximos anos, tendo em vista os esforços da equipe de pesquisadores da Embrapa e universidades de adaptar a planta às condições de cultivo brasileiras. Como consequência direta do cultivo da planta em território nacional, a diminuição do seu custo de mercado é esperada, devido à conveniência de não mais importá-la. Caso políticas públicas sejam adotadas a fim de incentivar seu cultivo, poucos anos serão necessários para que a quinoa seja popularizada e torne-se acessível às mais diversas classes sociais.

Deste modo, este trabalho foi realizado a fim de contribuir com a exploração de novos conhecimentos sobre as características e aplicações deste grão tão importante para a cultura dos povos Incas e que vem sendo descoberto pelo mundo nos últimos anos. Mais do que a simples produção, este trabalho visa avaliar o potencial de crescimento de

microrganismos desejáveis em extrato hidrossolúvel de quinoa, aspectos físico-químicos, microbiológicos, reológicos e aceitação dos consumidores.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver uma bebida fermentada a base de quinoa, de simples processamento, rico valor nutricional, de consumo rápido e fácil a todos os consumidores e não apenas àqueles portadores de restrições alimentares.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Desenvolver bebida fermentada a base de quinoa com ou sem aditivos alimentícios;
- ✓ Realizar um estudo cinético da produção de ácido láctico por fermentação microbiana;
- ✓ Avaliar as características físico-químicas, microbiológicas, reológicas e sensoriais de bebidas fermentadas a partir de extrato de quinoa;
- ✓ Produzir uma bebida aceitável sensorialmente, livre de glúten e leite.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MATÉRIA-PRIMA

A quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) é uma planta oriunda dos Andes, onde tem sido cultivada há milhares de anos. É chamada de pseudo-cereal devido à sua semelhança nutricional com os cereais, no entanto, sem pertencer à mesma família. É uma planta anual ginomonóica (flores femininas e hermafroditas na mesma planta), pertencente à família Chenopodiaceae, como o mastruz, a beterraba e o espinafre verdadeiro (incomum no Brasil), com uma haste ereta e folhas alternas, pecioladas e coloridas devido à presença de betacianinas (BHARGAVA et al., 2006).

Para as populações andinas, tal planta tinha o mesmo propósito agrícola e culinário que a cevada apresentava na Europa. O seu cultivo passou por várias fases de altos e baixos. Após a conquista hispânica, a quinoa foi desprezada e deixada em segundo plano. Porém com os insucessos esporádicos da revolução verde na região, principalmente a destruição de lavouras pela seca, a quinoa e outros cultivos endêmicos voltaram, motivados por sua rusticidade e adaptabilidade a condições restritivas de clima e solo (CUSACK, 1984).

Outro fator que contribuiu para o abandono temporário do seu cultivo foi o desdenho da população aos produtos de origem indígena e ao êxodo rural da região (CARBONE-RISI, 1986). Os astecas e incas consideravam que a quinoa possuía propriedades medicinais e mágicas. Atualmente, os pesquisadores têm acumulado cada vez mais informações científicas que atestam os efeitos benéficos destes grãos (MAZZA et al., 1998).

A quinoa tem demonstrado qualidade nutricional superior à de outros grãos. Possui potencial elevado no uso da cultura como alimento alternativo para satisfação do consumidor em produtos naturais, diferentes, típicos e com propriedades funcionais, além da possível produção de óleo (NG et al., 2007).

Enquanto as proteínas de origem animal são formadas por aminoácidos, em proporção e qualidade ótimas para a nutrição humana, as proteínas de origem vegetal e também as de microrganismos, raramente são completas em sua composição. Entretanto, considerando os diferentes tipos de dietas no mundo, tais proteínas são importantes por ser, em muitos casos, a principal ou única fonte de aminoácidos essenciais na alimentação regional (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

As proteínas vegetais geralmente possuem teores de alguns aminoácidos inferiores aos mínimos preconizados para a dieta humana. Em alguns casos como soja e algodão, o consumo deve ser precedido de tratamentos que visam destruir substâncias tóxicas ou inibidoras de enzimas proteolíticas (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Há também maior resistência à hidrólise proteolítica das proteínas de origem vegetal em relação às de origem animal, resultando em um menor aproveitamento do alimento, pela perda dos peptídeos residuais não hidrolisados que podem conter aminoácidos essenciais em quantidades substanciais (BOBBIO e BOBBIO, 2001).

Contudo, a quinoa possui valores de proteínas comparáveis em alguns aspectos aos valores encontrados em proteínas de origem animal. Pode-se dizer, por exemplo, que a quinoa possui maior quantidade de proteína, melhor equilíbrio na distribuição de aminoácidos essenciais que outros cereais. Tal distribuição é aproximada à caseína – fração proteica do leite (SPEHAR et al., 2007; ASCHERI et al., 2002).

O conteúdo de proteína total dos grãos de quinoa (11,0 - 15,0%) é maior que o de arroz (8,5%) e milho (10,3%), e mais parecido ao de cevada (11,9%) e trigo (12,3%) (SEGURA-NIETO et al., 1994 apud MAZZA et al. , 1998; COUTER e LORENZ, 1990 apud MAZZA et al. , 1998).

A proteína de quinoa também possui uma alta concentração de lisina (5,5-6,6 g/100 g de proteína) e de aminoácidos sulfurados (3,6 - 4,5 g/100 g de proteína) e quantidades adequadas de triptofano (0,9 - 1,1 g/100g de proteína) com relação ao padrão de referência da FAO/OMS/UNU (BECKER e HANNERS, 1990; FAO/WHO/UNU, 1985 apud MAZZA et al. , 1998). Abaixo segue Tabela 1 comparativa de aminoácidos para diferentes alimentos.

**Tabela 1: Composição de aminoácidos essenciais em quinoa, nos cereais, leguminosas, carne e leite, em relação ao padrão FAO em g/100g de proteína.**

<b>Aminoácido</b>	<b>Quinoa</b>	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>	<b>Trigo</b>	<b>Feijão</b>	<b>Carne</b>	<b>Leite</b>	<b>Padrão FAO</b>
Fenilalanina	4,0	5,0	4,7	4,8	5,4	4,1	1,4	6,0
Isoleucina	4,9	4,1	4,0	4,2	4,5	5,2	10,0	4,0
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	6,5	7,0
Lisina	6,0	3,8	2,9	2,6	7,0	8,7	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,7	4,0
Triptofano	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1,0
Valina	4,5	6,1	5,0	4,4	5,0	5,5	7,0	5,0

Fonte: Santos (1996).

De acordo com a Tabela 1, os valores dos aminoácidos essenciais fenilalanina e metionina do grão de quinoa são equivalentes quando comparados à carne. Além disso, os

valores encontrados na quinoa para fenilalanina, leucina e metionina são próximos ou maiores do que aqueles contidos no leite. Esses dados mostram que o grão de quinoa devido à fácil adaptabilidade da planta e resistência da mesma às condições extremas, pode se tornar uma aliada no combate da desnutrição em regiões com poucos recursos.

O grão de quinoa apresenta conteúdo de gorduras superior ao dos cereais, com a composição similar à da soja, uma fonte rica em ácidos graxos essenciais, dos quais o linoleico e linolênico correspondem a 60%. Devido a essas concentrações, o óleo de soja é mais suscetível à rancificação por oxidar com facilidade. Entretanto, em quinoa, o óleo apresenta a vantagem de ser mais estável (KOZIOL, 1990 apud SPEHAR et al., 2007).

O ácido linolênico (ômega-3) e oleico (ômega-9) constituem a maior parte da composição dos ácidos graxos do óleo de quinoa (64-84 g/100 g). Deve-se destacar que este óleo contém também 7,0-9,5 g de ácido linolênico/100 g de óleo, o que sugere que as sementes de quinoa poderiam servir para produção de nutracêuticos para o tratamento da resposta imunológica, na redução de inflamações e lesões do tecido das articulações e como substituto de medicamento anti-inflamatórios usados no tratamento de pacientes com artrite reumatoide (BLUMBERG, 1994; BELCH et al., 1988).

Ademais, os ácidos graxos do tipo ômega-3 são essenciais para o desenvolvimento e funcionamento adequado do cérebro e do sistema nervoso, pois se concentram na retina e no córtex cerebral. Muitos aspectos de ansiedade, inibição, memória, dificuldades de aprendizagem, são favorecidos pelo consumo dos ácidos graxos ômega-3 (HOFFMAN et al., 2000). Quanto ao conteúdo de vitaminas e minerais, apresentam-se os dados da Tabela 2.

Apesar da quinoa não ser um alimento perfeitamente balanceado no que se refere ao teor de vitaminas e minerais, observa-se que ainda assim, trata-se de um alimento bastante interessante para crianças e adultos, principalmente pelo seu conteúdo de retinol, cobre e ferro. Corresponde ao dobro do teor de ferro da cevada e do trigo, e ao triplo do contido no arroz. O ferro administrado via quinoa é 74% mais eficiente do que o suprido pelo sulfato ferroso (55%). Por essa característica, seria um alimento complementar ou nutracêutico. Além disso, a quinoa supera os cereais em vitamina B2 (riboflavina) e também é considerada uma fonte de alfa-tocoferol e vitamina E (KOZIOL, 1990 apud SPEHAR et al., 2007).

**Tabela 2: Conteúdo de vitaminas e minerais de sementes de quinoa**

Componente	Quinoa	Padrão de referência FAO/OMS/UNU	
		Adultos	Crianças
<b>Vitaminas (mg/100 g)</b>			
Ácido ascórbico	3,0-4,9	60	30-35
α-Tocoferol	2,0-5,4	9	3-4
Biotina	ND	0,3-1,0	ND
Ácido fólico	ND	0,18-0,20	0,03
Niacina	1,5	15-19	5-6
Retinol	15	0,8-1,0	0,38
Riboflavina	0,39	1,3-1,7	0,4-0,5
Tiamina	0,31	1,1-1,5	0,3-0,4
<b>Minerais (mg/g)</b>			
Cálcio	127-150		1000-1200
Cobre	3,7		1,5-3,0(μg)
Ferro	12		12-15
Magnésio	270		280-400
Manganês	7,5		
Fósforo	387		1200
Potássio	697		
Zinco	4,8		12-15

Fonte: Adaptado de PADH (1994).

Nota: ND = Não disponível

A quantidade de gorduras, carboidratos, proteínas e fibras, ainda que condicionada por vários genes, pode ser modificada via melhoramento genético, visando à obtenção de matéria-prima que atenda à demanda específica. Por exemplo, podem-se selecionar variedades com maiores teores de gordura e de carboidratos. Ademais, a proteína pode ultrapassar 20g/100g do grão, o que posiciona a quinoa entre as principais fontes proteicas, com a vantagem do elevado teor biológico (SPEHAR, 2002). A Tabela 3 apresenta a composição do grão.

**Tabela 3: Composição do grão em genótipos de quinoa**

Substância*	Amplitude	Média
Umidade	6,20 – 14,00	11,72
Gordura	4,26 – 9,50	5,59
Proteína	10,83 – 21,86	14,81
Fibra	1,25 – 4,78	3,35
Carboidratos	53,24 – 67,17	60,95
Saponinas	0,01 – 4,65	1,40
Cinzas	1,98 – 6,13	3,38

Fonte: Koziol (1990 apud SPEHAR et al., 2007).

\*De acordo com o autor.

Como já observado na Introdução, a FAO declarou 2013 como “O ano Internacional da Quinoa” e isto decorre do reconhecimento de suas propriedades nutricionais. O objetivo da organização é popularizar a quinoa, para que ela ajude a promover a segurança alimentar,

acabar com a desnutrição e estimular a biodiversidade. Entretanto, toda esta publicidade em torno do grão tem tornado este alimento cada vez menos acessível às classes sociais mais baixas.

A revista Dinheiro Rural (2014) destaca que o aumento do preço internacional do produto fez com que ele se tornasse menos disponível aos bolivianos, e conseqüentemente, diminuiu seu consumo local, mesmo que a produção tenha subido de 22 mil toneladas em 2010 para 44 mil toneladas em 2012. Além de ter sido a causa de conflitos de terra em Oruro e Potosí. Por isso, os esforços devem ser voltados também ao cultivo do grão em diferentes territórios, para que assim, ele se torne de fato uma ferramenta no combate à desnutrição e a favor da promoção de saúde da população, e não apenas um alimento restrito às classes mais abastadas. Na Tabela 4 seguem dados da produção de quinoa nos três principais países produtores até o ano 2000.

**Tabela 4: Principais países produtores de quinoa**

País	Ano (tonelada de grãos)					
	1.995	1.996	1.997	1.998	1.999	2.000
Bolívia	18.814	23.490	26.360	20.291	22.498	25.000
Equador	408	555	304	938	938	938
Peru	16.846	16.070	23.612	28.614	28.439	30.000
Total	36.968	40.115	50.276	49.843	51.874	55.938

Fonte: Jacobsen; Sherwood (2002).

## 2.2 CULTIVO DA QUINOA NO BRASIL

A crescente popularização da quinoa ao redor do mundo, fez com que os seus preços aumentassem muito nos últimos anos, já que o seu cultivo ainda é predominante restrito a países como Peru, Bolívia e Equador. No Brasil, a maior parte da quinoa encontrada no comércio é importada, o que encarece muito o produto.

A *Quinoa Chenopodium Willd* era desconhecida no Brasil, assim como outras espécies domesticadas pelas populações em diversas partes do mundo. Em nosso país, ela foi introduzida como alternativa para a diversificação do solo. Após cerca de dez anos, o interesse pelo seu cultivo foi justificado por seu alto valor alimentar e a contribuição para aperfeiçoar o seu sistema produtivo (SPEHAR, 2002).

Assim, o plantio da quinoa no Brasil é recente e sua introdução ocorreu na década de 1990, como parte de um esforço para diversificar o sistema de produção no Bioma Cerrado.

As primeiras tentativas de adaptá-la ocorreram por seleção em populações híbridas, provenientes de Cambridge, Inglaterra (SPEHAR e SOUZA, 1993 apud SPEHAR et al., 2007).

A ‘BRS Piabiru’ é a primeira recomendação de quinoa ao cultivo granífero no Brasil. Esse cultivar originou-se da linhagem EC3, selecionada de uma população procedente de Quito, Equador. Depois de dois anos de ensaios de competição com linhagens selecionadas anteriormente, foi uniformizada a partir de 1998, com base nas características agrônômicas e na ausência de saponina para o uso direto do grão. Com a recomendação da ‘BRS Piabiru’, objetivou-se oferecer alternativa para diversificar os sistemas produtivos baseados no plantio direto. O cultivar da ‘BRS Piabiru’ foi recomendado inicialmente, para o Bioma Cerrado e tem sido plantada também em outras regiões, como o Nordeste, Sul e Sudeste. Representa a única opção disponível que pode ser cultivada em qualquer época da semeadura. Entretanto, novas variedades de quinoa de ciclo precoce a médio estão sendo desenvolvidas e poderão ser recomendadas, à medida que aumenta a demanda por diversificação. As de ciclo precoce deverão ser cultivadas em semeaduras tardias no período da chuva ou da safrinha para que a maturação não coincida com período de elevada umidade (SPEHAR et al., 2007).

Segundo Spehar et al. (2007), a saponina que representa uma forma de defesa natural da planta é considerada um fator antinutricional presente na semente, apesar de ser facilmente removida por métodos úmidos ou secos, já que esta se encontra nas camadas externas da planta. A quinoa originária da ‘BRS Piabiru’ representa uma vantagem na industrialização do grão *in natura*, devido ao seu baixo valor de saponina, facilitando assim as etapas de processamento.

### 2.3 FERMENTAÇÃO POR CULTURAS INICIADORAS (STARTERS)

As células microbianas são os principais agentes da degradação e/ou síntese, utilizados a fim de se obter os mais variados produtos a partir de processos fermentativos com aplicação em diversas áreas e indústrias (KAWAGUTI e SATO, 2013).

Os processos fermentativos são compostos por uma série de etapas que devem ser avaliadas de forma conjunta a fim de se obter, com eficiência, um determinado produto ou metabólito. As principais etapas de um processo fermentativo são: a seleção do microrganismo responsável pela transformação; a degradação ou a síntese dos produtos; a

formulação do meio de cultivo fornecido às células microbianas e seus tratamentos; os sistemas de condução do processo fermentativo e escolha do biorreator; e os processos de recuperação e purificação dos produtos (KAWAGUTI e SATO, 2013).

As culturas iniciadoras ou *starters* são compostas por *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* e *Lactobacillus delbrüeckii subsp. bulgaricus*, bactérias Gram-positivas, homofermentativas e termofílicas, cujo crescimento ótimo é obtido a 42 °C (SPREER e MIXA, 1998).

O *Lactobacillus delbrüeckii subsp. bulgaricus* possui forma de bastonetes unidos em cadeias longas, crescimento ótimo em temperaturas entre 45 a 50 °C, sendo capazes de crescer em condições extremas, como a -15 °C (ROBINSON e TAMIME, 1975; SABOYA; OETTERER; OLIVEIRA, 1997).

O *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* possui morfologia de cocos unidos, normalmente em cadeias curtas e crescimento ideal a temperatura de 37 a 45 °C, porém, é capaz de tolerar temperaturas de até 50 °C. Algumas estirpes de *S. thermophilus* sintetizam exopolissacarídeos, polímeros usados na produção de leites fermentados mais firmes, responsáveis pela manutenção da textura e viscosidade adequadas mesmo após a fermentação (COLLET, 2005). A Figura 1 apresenta a ilustração dos microrganismos *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*.

**Figura 1 – Ilustração dos microrganismos *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* obtidos por microscopia eletrônica de varredura**

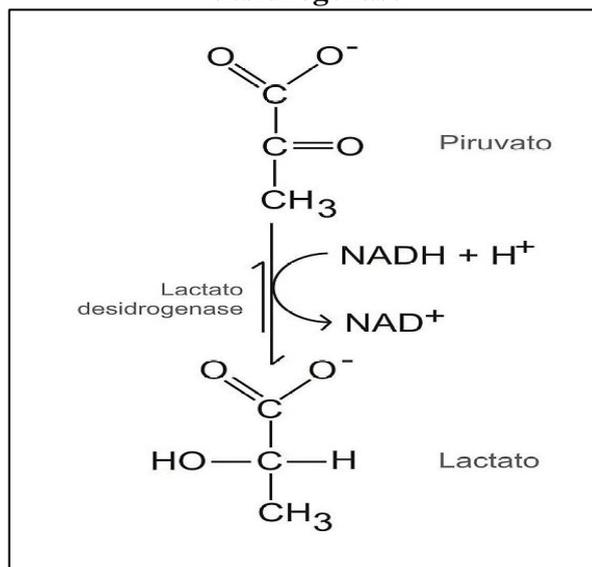


Fonte: Magma, 2014.

Os microrganismos precisam de nutrientes tanto para o seu crescimento, renovação do material protoplásmico e controle metabólico da degradação/síntese de compostos, quanto para sua multiplicação. As substâncias fornecidas sejam elas orgânicas ou inorgânicas, simples ou complexas, devem estar de acordo com as necessidades de seu metabolismo. As fontes de carbono utilizadas pelos microrganismos são de extrema importância para a síntese de diversos constituintes celulares, como carboidratos, proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos (KAWAGUTI e SATO, 2013).

A fermentação láctica consiste na redução do piruvato a ácido láctico concomitante à oxidação do NADH a  $\text{NAD}^+$ . A redução do piruvato a ácido láctico ou lactato é a via fermentativa mais simples para se regenerar o  $\text{NAD}^+$  durante a glicólise, entretanto esta via não gera energia. A reação é catalisada pela enzima Lactato desidrogenase (XAVIER e BICAS, 2013), conforme apresentado pela Figura 2.

**Figura 2 - Reação de redução de piruvato a lactato pela ação da enzima Lactato desidrogenase**



Fonte: Jay, 2005.

Quanto à produção de ácido láctico pelos *S. thermophilus* e *L. bulgaricus*, se destaca o fato de que os estreptococos produzem apenas ácido láctico L(+), formado também no metabolismo humano e animal. Já os lactobacilos são responsáveis pela produção de ácido láctico D(-) ou uma mistura dos dois isômeros. Ao fim da fermentação constata-se maior produção de ácido láctico, maior consumo de carboidratos e maior quantidade de células viáveis, além do sabor e textura final diferenciado (TAMIME e ROBINSON, 1989).

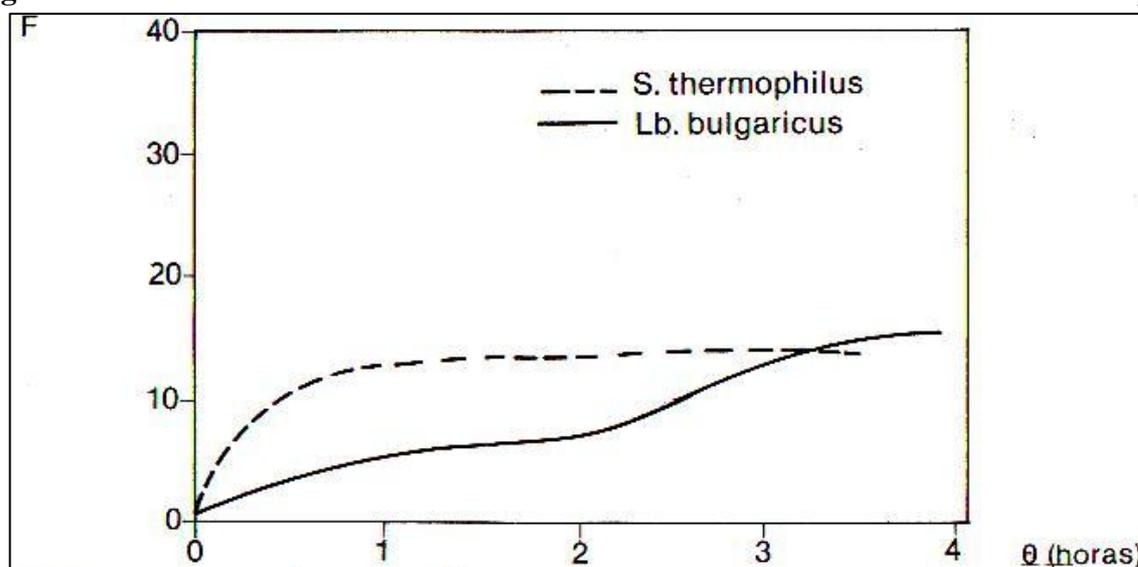
A proporção normalmente usada é 1:1 de *S. thermophilus* para *L. bulgaricus*. Podem ser também utilizadas as proporções 2:1; 3:1; 3:2. O importante é a cultura conter igual ou maior número de *Streptococcus thermophilus* que de *Lactobacillus delbrückii*, ssp. *bulgaricus*. Esta proporção na cultura “starter” é fundamental, uma vez que terá efeito decisivo no “flavor” e nas características reológicas do produto final, devido aos efeitos de simbiose no início e antibiose no final do processamento. Estas culturas devem ser mantidas separadas ou misturadas nas proporções adequadas no momento de inoculação da mistura. O desbalanceamento é natural e é uma das desvantagens de se manter uma cultura mista. Após sucessivas repicagens, o *Lactobacillus* predomina na cultura e as características do produto final se alteram. As culturas de uso direto no tanque devem ter a composição adequada para garantir menor tempo de fabricação (FERREIRA, 2008).

A associação destes dois microrganismos é benéfica para as duas espécies e se dá por meio de uma cooperação, também chamada de protocooperação. Esta interação positiva é facilmente evidenciada quando comparada à produção de ácido láctico pelas culturas puras e

mistas destas espécies. A quantidade de ácido produzida é superior à soma da acidez produzida por cada uma das espécies separadamente. A cooperação se manifesta também pelo reduzido tempo de latência, por uma maior resistência a concentrações elevadas de açúcar e pelo aumento da viscosidade do produto final. Esta estimulação se justifica pelas exigências diferentes em fatores de crescimento dos dois microrganismos (ROISSART e LUQUET, 1997).

Logo após o início da fermentação o *Streptococcus thermophilus* multiplica-se primeiro e tem a capacidade de desdobrar a lactose em pH mais neutro. Com o seu crescimento, o ácido láctico é acumulado no meio, reduzindo parcialmente o pH e lançando ao meio algumas substâncias aminadas, que vão estimular o desenvolvimento do *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*. Este, por sua vez, passa a multiplicar-se, reduz ainda mais o pH e lança ao meio aminoácidos, como glicina, histidina e valina, que estimulam o crescimento do *Streptococcus thermophilus*. Até aí, tem-se uma simbiose. Com o passar do tempo, cada vez mais ácido láctico é acumulado no meio. O pH chega a um certo ponto que passa a inibir o *Streptococcus thermophilus*. O *Lactobacillus delbrüeckii*, subsp. *bulgaricus*, por ser mais resistente à acidez, aumenta em número e sobrepuja o *S. thermophilus*. No final do processo, tem-se um número similar de *Lactobacillus delbrüeckii*, subsp. *bulgaricus* e de *Streptococcus thermophilus* (FERREIRA, 2008), conforme pode-se observar na Figura 3.

**Figura 3 - Curva de desenvolvimento simbiótico de cultura láctica durante a fermentação**



Fonte: Handan et al., 1971 apud Ferreira, 2008.

## 2.4 BEBIDAS FERMENTADAS E VALOR FUNCIONAL

Os processos fermentativos são responsáveis pela obtenção dos mais variados produtos utilizados pela indústria de alimentos. Não existe um consenso sobre a origem da fermentação de lácteos, mas é provável que o iogurte tenha sido uma das primeiras formas de consumo do leite fermentado. Ferreira (2008) alega que para alguns pesquisadores, a origem teria se dado na Ásia por pastores turcos, mas para outros, os Bálcãs seriam os responsáveis por tal origem. Para Tamime e Robinson (2000), apesar de não haver registro preciso sobre sua origem, acredita-se que foi responsável por grandes benefícios à nutrição e saúde da humanidade ao longo do tempo.

Os benefícios do iogurte inicialmente foram associados à alta expectativa de vida dos povos Bálcãs, seus principais consumidores, contudo, até meados do século XX não havia evidência científica comprovando seus benefícios. Mais recentemente, pesquisadores começaram a associar o consumo de algumas bactérias lácticas ao bom funcionamento intestinal. Os estudos sugerem uma concorrência “ecológica” entre os microrganismos intestinais (ou microecologia). Nestes termos devem ser utilizados alimentos fermentados que contenham microrganismos não patogênicos, na formação ou recolonização intestinal (BOSHARD et al., 1996).

Para as crianças, iogurtes e produtos fermentados podem auxiliar no tratamento e prevenção de diarreias. As fórmulas infantis atualmente disponíveis melhoram alguns estados diarreicos, principalmente em estudos que utilizam fórmulas isentas de lactose (BHUTTA et al. 1994 apud BOSHARD, 1996).

Apesar das bebidas de origem vegetal ou extratos hidrossolúveis em alguns casos fazerem uso da mesma cultura láctica usada na produção de iogurte, no Brasil estes alimentos não são chamados de iogurte, uma vez que o mesmo é definido pelo Regulamento de Inspeção Industrial de Origem Animal – RIISPOA, como o produto adicionado ou não de substância alimentícia, obtido por coagulação e diminuição do pH do leite, ou leite reconstituído, adicionado ou não de outros produtos lácteos, por fermentação láctea mediante a ação proto-simbiótica de *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*, e *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, aos quais pode-se acompanhar, de forma complementar, outras bactérias ácido-láticas que, por sua atividade, contribuem para as características do produto final (BRASIL, 1998). Até o momento ainda não existe uma legislação específica para bebidas fermentadas à base de soja, arroz, aveia, quinoa ou outros grãos.

A produção de bebidas de origem vegetal fermentadas procura aliar a qualidade nutricional da matéria-prima com os benefícios da ingestão de microrganismos desejáveis, produzindo assim, um alimento altamente benéfico à saúde, graças às suas propriedades nutracêuticas. Do ponto de vista sensorial, a fermentação láctica se mostrou eficiente para melhorar a aceitabilidade de bebidas a base de soja, por exemplo. O sabor característico de “feijão cru” da soja pode ser mascarado após a fermentação, além da melhora na qualidade nutricional (BEHRENS et al., 2001).

A genômica possibilita entender por que certas bactérias lácticas são probióticas e possuem propriedades benéficas, como a estimulação do sistema imune, a transformação de pró-carcinógenos em compostos inofensivos para o organismo e a produção de peptídeos bioativos. Aliada ao valor funcional dos alimentos, a biotecnologia permitirá o desenvolvimento de alimentos com demandas diferenciadas nos aspectos sensoriais e de saúde (VERRIPS et al., 2001 apud COSTA; BORÉM, 2003). Estratégias de bioprocessamento são usadas no sentido de agregar valor de mercado aos alimentos pelo aumento de seus benefícios à saúde (WISEMAN; WOODS; RIDGEWAY, 2001).

## 2.5 MOTIVAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BEBIDAS DE FONTE VEGETAL

As bebidas de fontes vegetais podem ser uma boa alternativa para aqueles que possuem restrições alimentares decorrentes de quadros de alergia ou intolerância a alguns alimentos. A prevalência de alergias alimentares tem aumentado nos últimos anos e estima-se que entre 6 a 8% de indivíduos em faixa pediátrica e cerca de 3% dos adultos sejam acometidos por este quadro. Apesar de qualquer alimento que contenha proteínas com potencial alergênico possa causar reações alérgicas, 85 a 95% das mesmas são provocadas por um restrito grupo de alimentos. São eles: leite de vaca, ovos, soja, trigo, amendoim, frutas oleaginosas, peixes e frutos do mar (SAMPSON, 2004).

Alergia alimentar é denominada como toda reação adversa dirigida ao componente proteico do alimento e que envolve mecanismo imunológico (SICHERER; SAMPSON, 2006). Quanto aos números no Brasil, em recente inquérito epidemiológico realizado em consultórios de gastroenterologistas pediátricos nas regiões sul e sudeste do país, 7,4% de 9.478 crianças apresentaram suspeita de alergia alimentar, 77% dos casos estavam relacionados ao leite de vaca. Neste estudo, a incidência e prevalência de suspeita de alergia à

proteína de leite de vaca, calculadas através dos diagnósticos relatados pelos médicos entrevistados, foram respectivamente, 2,2 e 5,7%, embora não se conheçam os métodos de diagnósticos aplicados em cada caso (VIEIRA et al. 2005 apud PEREIRA e SILVA, 2008).

A alergia e intolerância à proteína do leite de vaca ocorrem principalmente nos 3 primeiros anos de vida. O tratamento se baseia na exclusão deste alimento da dieta, fonte fundamental de nutrientes para crianças em aleitamento artificial (HENRIKSEN et al., 2000). Esta medida pode ser causa de deficiências nutricionais em crianças, tendo em vista que a sua substituição por outro alimento nem sempre garante a equivalência nutricional.

A alergia à proteína do leite não é o único motivo que o faz ser excluído da dieta de muitos. O aparecimento de sintomas abdominais resultantes da má absorção de lactose caracteriza a intolerância à lactose. A má absorção ou digestão deste açúcar é a diminuição da capacidade de hidrolisar a lactose, que é resultado da hipolactasia, ou seja, a diminuição da atividade de enzima lactase na mucosa do intestino delgado (SAHI, 1994). Como consequência da má absorção da lactose o indivíduo apresenta quadros de diarreia aquosa, espumosa, ácida, frequentemente acompanhada de distensão abdominal, dor em cólica, flatulência e, às vezes náuseas e vômitos, principalmente em lactantes (LEBENTHAL, 1975). Para indivíduos intolerantes a lactose, aconselha-se ingestão da enzima lactase previamente ao consumo de laticínios ou evitar o consumo de produtos com alto teor de lactose (VOGEL, 2000).

Os diversos extratos hidrossolúveis de fonte vegetal têm recebido cada vez mais espaço no mercado devido ao seu apelo nutricional, como altos teores proteicos e minerais, além da isenção de gorduras animais. O extrato hidrossolúvel de soja, por exemplo, vem sendo utilizado como substituto ao leite de vaca, representando uma alternativa viável, devido aos seus valores nutricionais e baixo custo de produção (PRUDÊNCIO e BENEDET, 1999). Entretanto, a soja também é causa de variadas alergias alimentares. Herian; Taylor e Bush (1990) e Ogawa et al. (1991) encontraram diversos compostos alérgenos na mesma. Com isso, a soja perde pontos como o principal substituto do leite e abre espaço para novos extratos de fonte vegetal. Apesar de aspectos negativos, o consumo de extrato hidrossolúvel de soja saltou de 51 milhões de litros em 2002, para 175 milhões em 2007, em todo o mundo (PITONDO, 2008). Este aumento no consumo revela uma melhor aceitação das bebidas vegetais por parte dos consumidores e uma mudança no padrão alimentar.

Tendo em vista as limitações do uso da soja como única fonte vegetal para produção de extratos hidrossolúveis, outras opções têm sido estudadas como substitutos ao leite de vaca. A Universidade Politécnica de Valência está entre as instituições que focam suas

pesquisas neste novo nicho de mercado. Produtos fermentados à base de grãos e nozes surgem como uma alternativa aos iogurtes tradicionais. Os produtos são desenvolvidos especialmente para pessoas alérgicas ao leite de vaca, intolerantes ao glúten e lactose, bem como crianças e mulheres grávidas (SCIENCE DAILY, 2014).

Os extratos hidrossolúveis vegetais são caracterizados por um perfil de ácidos graxos saudáveis e carboidratos com baixo nível glicêmico (adequado para diabéticos). Além disso, constituem uma importante fonte de vitaminas B e E, compostos antioxidantes (fitoesteróis e/ou polifenóis) e fibras alimentares, o que ajuda a manter a saúde alimentar. Eles também são ricos em potássio e possuem baixo valor de sódio, de modo que essas bebidas ajudam a manter um equilíbrio saudável de eletrólitos. Os extratos obtidos de nozes são especialmente indicados às mulheres grávidas pelo seu rico valor em ácido fólico e sua boa relação cálcio/fósforo (SCIENCE DAILY, 2014).

De acordo com Mazza et al. (1998), a indústria de alimentos tem hoje, a grande oportunidade de transformar a quinoa e outras plantas tradicionais da América Latina em produtos que, além das características nutritivas, fornecem componentes não nutritivos com atividade fisiológica e que é de interesse dos consumidores preocupados com a saúde.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA BEBIDA**

##### **3.1.1 Preparação do inóculo**

A cultura utilizada para o preparo da bebida foi o concentrado liofilizado DVS YF L812 50U/10x50U produzido pela empresa Chr. Hansen® contendo *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrüeckii* subsp. *bulgaricus*.

###### Preparação do extrato:

A fim de se preparar o inóculo para dar início à fermentação, optou-se por diluir a cultura liofilizada em extrato de quinoa pasteurizado, com adição de sacarose para armazenamento a temperaturas de congelamento e uso da mesma ao longo das fermentações. Para isto, o grão foi pesado, lavado em água corrente por 5 minutos e deixada escorrer em peneira por aproximadamente 10 minutos. O grão de quinoa e água destilada (concentração de 55 g/L) foram levados ao fogo até atingirem a temperatura de 75 °C, e assim mantidos por 10 minutos. Em seguida, o grão foi triturado em liquidificador por 5 minutos e filtrado em tela de 250 Mesh, conforme usado por Bianchi (2013) com modificações. Em seguida, foi adicionado ao extrato 1% de sacarose, após, o extrato foi pasteurizado a temperatura de 65 °C por 20 minutos.

###### Adição da cultura liofilizada:

A seguir ao abaixamento da temperatura, a cultura liofilizada foi adicionada em concentração de 3,75 g/L de extrato de quinoa. Tal concentração foi estabelecida por testes realizados preliminarmente.

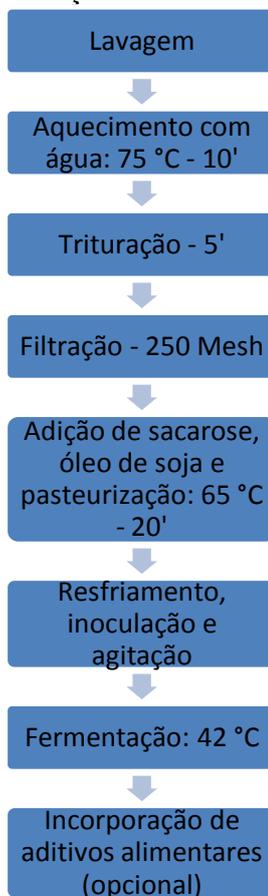
O material foi fracionado em pequenos frascos e armazenado à temperatura de -10 °C até que seu uso fosse necessário. Duas horas prévias à fermentação, o inóculo foi retirado do congelador e mantido à temperatura ambiente até o momento da inoculação.

##### **3.1.2 Produção da bebida fermentada**

Para a produção do extrato, a metodologia utilizada foi análoga à metodologia descrita anteriormente no item 3.1.1. Contudo, foi adicionado ao extrato concentração equivalente a

3% de sacarose e 0,5% de óleo de soja. Após a pasteurização seguida da diminuição da temperatura, 1,25% (v/v) do inóculo previamente preparado foi adicionado e agitado em agitador magnético por 5 minutos. A Figura 4 descreve o fluxograma de produção da bebida.

**Figura 4 - Fluxograma de produção de bebida fermentada a base de quinoa**



### 3.1.3 Fermentação

A fermentação para análise dos parâmetros cinéticos ocorreu em frascos de vidros de 40 mL e vedação com tampas metálicas, previamente esterilizadas em autoclave. Foram realizadas 10 bateladas da bebida fermentada mantidas à temperatura constante de 42 °C, sem agitação, até atingirem pH 4,6, aproximadamente.

As demais fermentações para preparação das amostras para análise sensorial, físico-químicas e microbiológicas foram realizadas em fermentador Marconi MA-184, com capacidade de 5 litros, sendo interrompidas ao atingirem pH 4,6. A partir do produto fermentado foram desenvolvidas três formulações diferentes.

F1 – Extrato de quinoa hidrossolúvel fermentado com adição de aroma mascarante de soja (0,05%).

F2 – Extrato de quinoa hidrossolúvel fermentado com adição de polpa de maracujá e aroma mascarante de soja (0,05%).

F3 – Extrato de quinoa hidrossolúvel fermentado com adição de polpa de maracujá, goma carragena (1%) e aroma mascarante de soja (0,05%).

### 3.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS

#### 3.2.1 Medidas de pH

Durante a fermentação, as análises de pH foram feitas pelo método de contato direto em pHmetro Tecnal® – pHmeter Tec-2 , realizadas em duplicata em intervalos de 1 hora até pH próximos a 4,6. O pH 4,6 foi usado como referência tendo em vista ser este o ponto isoelétrico da principal proteína encontrada no leite, a caseína. Como a intenção do trabalho foi desenvolver um produto com características próximas às do iogurte, tornou-se cabível a utilização de tal parâmetro.

#### 3.2.2 Acidez titulável

Determinou-se a acidez titulável através de titulação com solução de NaOH 0,1 N, usando como indicador, fenolftaleína, segundo metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). As medidas foram realizadas em duplicata em intervalos de 1 hora.

#### 3.2.3 Velocidade instantânea de produção de ácido láctico

A velocidade instantânea de produção de ácido láctico ( $dP/dt$ ) foi expressa em unidades de mL/(L.h) , seguindo a Equação (1) proposta por Sinclair e Cantero (1990):

$$\frac{dP}{dt} = \left[ \frac{\ln P_3 - \ln P_1}{t_3 - t_1} \right] \cdot P_2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$dP/dt$ = Velocidade instantânea de produção de ácido láctico (mL/L.h)

$P_1$ = Concentração de ácido láctico no tempo  $t_1$  (mL/L)

$P_2$ = Concentração de ácido láctico no tempo  $t_2$  (mL/L)

$P_3$ = Concentração de ácido láctico no tempo  $t_3$  (mL/L)

$t$ = tempo de fermentação (h)

### **3.2.4 Açúcares redutores e açúcares redutores totais**

Para a análise de açúcares redutores (AR), utilizou-se o método de (DNS) Dinitrosalicylic Acid Reagent, Miller (1959) – Berkeley Modificado (ZANIN; MORAES, 1987). Todas as medidas foram realizadas em intervalos de 1 hora e em duplicata.

Para a análise de açúcares redutores totais (ART) fez-se primeiro uma hidrólise ácida dos polímeros e oligômeros de açúcares, para após dosar os açúcares redutores com o DNS como no parágrafo acima. As medidas foram feitas em duplicata no início e fim do período fermentativo, somente.

### **3.2.5 Proteínas solúveis totais**

Para a obtenção de valores de proteínas solúveis totais, usou-se a metodologia proposta por Bradford (1976), realizada em duplicata para os pontos que marcaram apenas o início e o fim da fermentação.

### **3.2.6 Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL)**

A contagem das bactérias ácido-láticas foi realizada por plaqueamento em superfície em meio Ágar MRS com incubação em jarra de anaerobiose a temperatura de 35 °C durante 5 dias. Após tal período, a contagem UFC/mL foi calculada em função do número de colônias típicas e fator de diluição das amostras. As contagens foram realizadas em duplicata para as amostras do início e término da fermentação, com confirmação das colônias por coloração de Gram, de acordo com metodologia sugerida por HALL et. al. (2001) – APHA (American Public Health Association).

### 3.3 ANÁLISE VISUAL

O produto fermentado foi submetido à análise visual pela pesquisadora logo após o término da fermentação à temperatura de 42 °C e após o resfriamento da mesma a temperatura de 5 °C. Os parâmetros observados foram: aparência, consistência e separação de fases.

### 3.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES DESENVOLVIDAS

Após o término da fermentação foram desenvolvidas três diferentes formulações F1, F2 e F3 para as avaliações físico-químicas.

#### **3.4.1 Perda por dessecação - Umidade**

A análise de umidade foi realizada por secagem direta em estufa à temperatura de 105 °C, de acordo com a metodologia sugerida por AOAC (2005).

#### **3.4.2 Resíduo por incineração – Cinzas**

A análise foi desenvolvida de acordo com metodologia para análise de alimentos proposta por AOAC (2005). A metodologia se baseou na incineração das amostras em mufla à temperatura de 550 °C.

#### **3.4.3 Proteínas totais**

O teor de nitrogênio total foi determinado segundo o método de Kjeldahl, onde foram realizadas as etapas de digestão, destilação e titulação. O teor de proteína total foi calculado multiplicando-se o valor de nitrogênio total por 6,25 (AOAC, 2005).

### 3.4.4 Lipídeos Totais

A análise de lipídeos foi realizada pelo método de extração a frio, de acordo com metodologia proposta por Bleigh e Dyer (1959). Os solventes utilizados foram clorofórmio, metanol e água, passando por etapas de agitação, filtração e secagem.

### 3.5 ANÁLISE REOLÓGICA

As análises foram realizadas em triplicata em reômetro rotacional do tipo Haake II Mars-Modular Advanced Rheometer System® de cone e placa, *spindle* (rotor) 43. A taxa de deformação aumentou de 0 s<sup>-1</sup> a 700 s<sup>-1</sup> (curva ascendente) em 30 segundos e retornou ao ponto inicial 0 s<sup>-1</sup> (curva descendente), sob temperatura controlada de 25 ± 0,1 °C. As amostras foram preparadas previamente e mantidas em repouso à temperatura próxima de 5 °C até o momento da análise. Os dados foram coletados pelo *software* Rheo Win 4.10.000 (Haake)® que emprega as equações (2) e (3):

$$\gamma = \frac{\omega}{\sin\theta} \quad \text{Equação (2)}$$

$$\tau = \frac{T}{\frac{2}{3}\pi r} \quad \text{Equação (3)}$$

Para  $\gamma$ = taxa de deformação (1/s);  $\tau$ = tensão de cisalhamento (Pa);  $\omega$ = velocidade angular do *spindle* (rpm);  $\theta$ = ângulo do *spindle*; T= torque (N.m); r= raio do *spindle* (cm).

O cálculo dos parâmetros K e n foram calculados pelo *software* do próprio reômetro citado acima. O comportamento reológico foi descrito de acordo com o modelo da Lei da Potência representada pela Equação (4).

$$\tau = K \cdot \gamma^n \quad \text{Equação (4)}$$

Para K= índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>); n= índice de comportamento de escoamento

### 3.6 ÍNDICE DE SINÉRESE

O índice de sinérese foi determinado em triplicata através da centrifugação da amostra em equipamento refrigerado (Centrífuga Avanti J-26XP Beckman Coulter®) à temperatura de 4 °C e velocidade de 2033 rpm (500 x G) por 10 minutos, segundo metodologia de Harte et al. (2003) modificada. Após a centrifugação, o volume de sobrenadante foi pesado. A sinérese foi estimada por  $[\text{massa do líquido drenado}/\text{massa da amostra total}] \times 100\%$ .

### 3.7 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada com 60 provadores não treinados, de ambos os sexos, na maioria estudantes e funcionários da Universidade Estadual de Maringá. As amostras foram produzidas 4 dias prévios à realização do teste. A metodologia escolhida foi o Teste de Escala Hedônica, sugerido por Monteiro (2005). As amostras foram apresentadas simultaneamente aos provadores, codificadas e apresentadas em ordem aleatória. Os provadores foram instruídos a provar as amostras da esquerda para a direita e a ingerir pequena quantidade de água entre os intervalos de avaliação de uma amostra para a seguinte. As notas de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo) foram atribuídas de acordo com os aspectos: cor, sabor, aroma, textura e avaliação global. De acordo com o protocolo nº 856.280, o trabalho foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Estadual de Maringá e autorizado para realização da análise sensorial no campus pertencente à própria universidade.

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As avaliações estatísticas dos resultados das análises físico-químicas, sensoriais e reológicas foram realizadas pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância através do Software Action 2.7®. Expoentes diferentes na mesma linha implicam afirmar que as amostras diferem significativamente entre si para  $p < 0,05$ .

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 PARÂMETROS CINÉTICOS**

#### **4.1.1 Potencial Hidrogeniônico – pH**

As medidas de pH foram o principal parâmetro para observação da formação de ácido láctico pelas bactérias. Devido ao fato de que o ponto isoelétrico da caseína, principal proteína do leite, ocorrer em pH 4,6, sendo este o ponto de interrupção da fermentação de iogurtes, optou-se por utilizar o pH 4,6 como critério para determinação do tempo de fermentação.

Ao observar a Tabela 5, verifica-se que em fermentações onde as culturas foram armazenadas por mais tempo, houve a necessidade de maior tempo de fermentação para se alcançar o pH 4,6 de referência. Com isso, considera-se que provavelmente o longo período de armazenamento à temperatura de congelamento teve efeito negativo sobre a produtividade das culturas iniciadoras. Tais condições de armazenamento provavelmente não destruíram as células viáveis, contudo tornaram algumas delas menos ativas devido às baixas temperaturas de armazenamento, o que proporciona condições de estresse ao microrganismo. Além disso, a técnica de preservação por meio de congelamento pode ocasionar danos estruturais nas células mais sensíveis (KAWAGUTI; SATO, 2013).

As culturas utilizadas nas quatro primeiras bateladas foram armazenadas por 8 e 14 dias. Estas bateladas apresentaram atividade metabólica mais intensa, com aproximadamente 4 horas de fermentação, alcançaram o pH de referência, 4,6.

Nas bateladas produzidas posteriormente, foram utilizadas culturas com 27, 29 e 34 dias de armazenamento. Para as bateladas produzidas com culturas armazenadas por mais tempo, foi possível verificar a necessidade de maior tempo de fermentação, sendo necessárias entre 5 a 6 horas para se alcançar o pH de referência.

O comportamento geral da média de pH de acordo com o tempo de fermentação indica que durante as duas primeiras horas houve discreta queda do pH do meio. Tal comportamento caracteriza um comportamento de latência dos microrganismos inoculados. A fase de latência normalmente se relaciona ao período que os microrganismos levam para se adaptarem ao novo meio. Além disso, as condições prévias de armazenamento da cultura em temperaturas negativas podem ter estendido o período de latência, tendo em vista que em alguns casos as

baixas temperaturas acarretam em condições de estresse aos microrganismos que não possuam alta resistência ao frio. A partir da 3ª hora de fermentação, a acidificação do meio passa a ser mais intensa, como pode ser observado na Figura 5. Esta queda acentuada aponta para a maior capacidade dos microrganismos de converterem o substrato do meio em ácido láctico.

O comportamento específico da 5ª batelada demonstra o perfil da fermentação mais lenta dentre as dez bateladas analisadas. As três primeiras horas de fermentação indicam uma lenta acidificação do meio, com redução tênue do pH neste período. Este comportamento aponta para um provável maior tempo de latência quando comparado ao perfil geral das médias das demais bateladas. Após a 4ª hora de fermentação, o pH do meio diminui de modo mais evidente até alcançar pH próximo ao de referência após seis horas de fermentação.

Caso a média de todas as bateladas seja considerada, por meio de uma interpolação simples calculada pelo Software Microsoft Excel®, pode-se afirmar que o pH 4,6 seria alcançado em 4,9 horas de fermentação, aproximadamente.

Comparativamente, Saccaro (2008), durante a produção de leite fermentado com cultura composta por *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* alcançou pH 4,5 em 5,36 horas e 4,75 horas para cultura constituída por *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus* e *B. lactis*, em ambos os casos utilizando leite em pó desnatado comercial como substrato. Resultados de Dias (2008) relatam produção de bebida láctea utilizando culturas de *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* em 3,5 horas de fermentação e 3 horas com uso de cultura formada por *S. thermophilus*, *Bifidobacterium spp.* e *L. acidophilus*, ambas as fermentações foram interrompidas ao atingirem pH 4,6, empregando 60% de leite desnatado e 40% de soro de queijo como substrato em ambos os casos.

Com isso, pode-se afirmar que apesar de não fazerem uso do mesmo substrato, este trabalho possui valores para tempo de fermentação comparável aos resultados de Saccaro (2008), por exemplo. Além disso, a etapa de fermentação de iogurtes e bebidas fermentadas lácteas na indústria alimentícia se estende entre 4 a 6 horas usualmente.

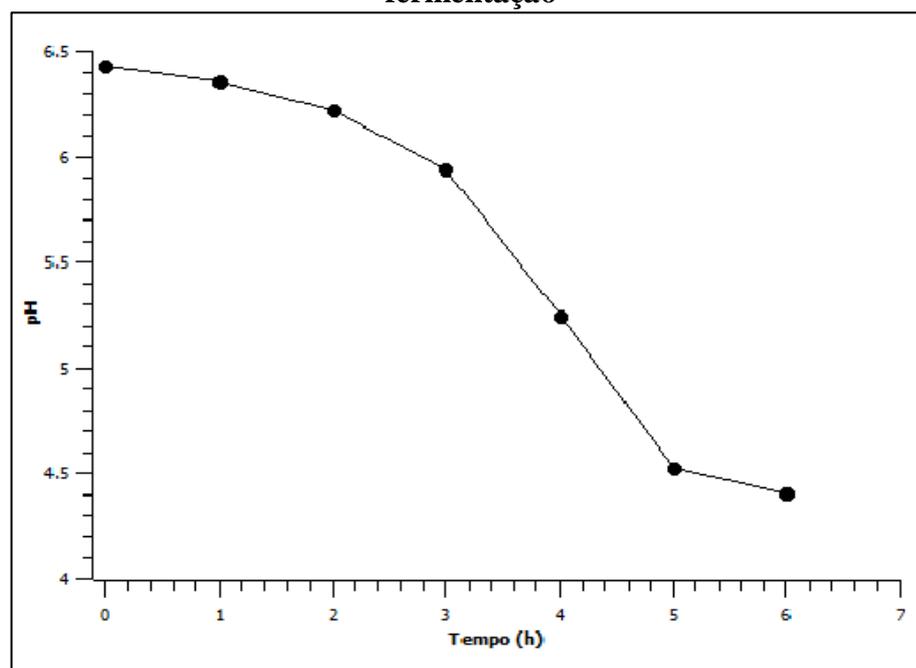
Portanto, a produção de bebida fermentada de quinoa é uma opção viável não apenas em escala laboratorial, mas também industrial, tendo em vista sua similaridade à fabricação das bebidas lácteas e iogurtes tradicionais.

**Tabela 5: Variação de pH de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)													
	0	1		2		3		4		5		6		
1 <sup>a</sup>	6,42	6,39	6,34	6,34	6,12	6,04	5,68	5,68	4,90	4,79	4,49	4,40	-	-
2 <sup>a</sup>	6,40	6,42	6,27	6,27	6,24	6,15	5,49	5,49	4,70	4,70	4,33	4,31	-	-
3 <sup>a</sup>	6,39	6,42	6,39	6,35	6,19	6,10	5,80	5,73	4,92	4,80	4,28	4,13	-	-
4 <sup>a</sup>	6,44	6,42	6,32	6,33	6,05	6,03	5,71	5,70	4,89	4,87	4,16	4,18	-	-
5 <sup>a</sup>	6,42	6,42	6,40	6,34	6,35	6,30	6,30	6,24	5,88	5,80	5,02	4,86	4,51	4,45
6 <sup>a</sup>	6,44	6,46	6,35	6,36	6,26	6,28	6,20	6,17	5,65	5,60	4,72	4,70	4,35	4,34
7 <sup>a</sup>	6,45	6,43	6,38	6,36	6,27	6,28	6,10	6,15	5,42	5,48	4,73	4,69	4,40	4,36
8 <sup>a</sup>	6,44	6,42	6,35	6,36	6,30	6,28	6,08	6,16	5,50	5,60	4,71	4,63	4,38	4,36
9 <sup>a</sup>	6,44	6,45	6,38	6,40	6,32	6,27	6,05	6,06	5,58	5,39	4,70	4,54	4,45	4,40
10 <sup>a</sup>	6,46	6,45	6,37	6,44	6,27	6,30	6,05	6,02	5,20	5,23	4,56	4,54	4,31	4,41
Média	6,43	6,36		6,22		5,94		5,25		4,53		4,41		
Desvio	0,02	0,04		0,10		0,26		0,39		0,25		0,06		
Padrão														

Fonte: Autora (2015).

**Figura 5 – Representação gráfica dos valores médios de pH em função do tempo de fermentação**



Fonte: Autora, 2015.

#### 4.1.2 Acidez Titulável

A acidez titulável representa a quantidade total de ácidos em uma solução, conforme determinado pela titulação com solução padrão de hidróxido de sódio. Os dados referentes às variações de acidez titulável em função do tempo são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6: Variação de % acidez titulável (v/v) de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)													
	0		1		2		3		4		5		6	
1 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,91	0,91	1,09	1,09	1,27	1,27	1,36	1,45	1,64	1,73	-	-
2 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,91	0,91	1,09	1,09	1,27	1,27	1,45	1,45	1,73	1,64	-	-
3 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,73	0,91	1,00	1,00	1,09	1,09	1,27	1,36	1,55	1,64	-	-
4 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,91	0,82	1,00	1,00	1,09	1,09	1,36	1,45	1,64	1,64	-	-
5 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,82	0,82	0,82	0,82	0,91	0,91	1,09	1,09	1,36	1,45	1,55	1,63
6 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,82	0,82	0,82	0,91	1,09	1,09	1,27	1,27	1,45	1,45	1,64	1,64
7 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,82	0,82	0,82	0,82	1,09	1,00	1,27	1,18	1,55	1,36	1,73	1,64
8 <sup>a</sup>	0,73	0,73	0,82	0,82	0,82	0,82	0,91	0,91	1,09	1,09	1,36	1,45	1,64	1,64
9 <sup>a</sup>	0,82	0,73	0,82	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,55	1,64	1,73
10 <sup>a</sup>	0,82	0,82	0,82	0,82	0,91	0,91	1,09	1,09	1,27	1,27	1,55	1,55	1,73	1,73
Média	0,74		0,84		0,94		1,09		1,29		1,54		1,66	
Desvio	0,03		0,05		0,11		0,12		0,13		0,11		0,06	
Padrão														

Fonte: Autora (2015).

Para determinar com melhor precisão a acidez obtida em pH 4,6, pode-se usar os valores obtidos nas Tabelas 5 e 6 para interpolação simples de valores, usando o Software Microsoft Excel<sup>®</sup>. Deste modo, obtêm-se os resultados representados pela Tabela 7.

**Tabela 7: % Acidez titulável (v/v) obtida para pH 4,6 por interpolação simples de acordo com a ordem de batelada**

Batelada	pH 4,6	
1 <sup>a</sup>	1,57	1,59
2 <sup>a</sup>	1,53	1,50
3 <sup>a</sup>	1,41	1,44
4 <sup>a</sup>	1,47	1,52
5 <sup>a</sup>	1,51	1,56
6 <sup>a</sup>	1,51	1,50
7 <sup>a</sup>	1,62	1,44
8 <sup>a</sup>	1,45	1,47
9 <sup>a</sup>	1,53	1,47
10 <sup>a</sup>	1,51	1,50
Média	1,51	
Desvio Padrão	0,05	

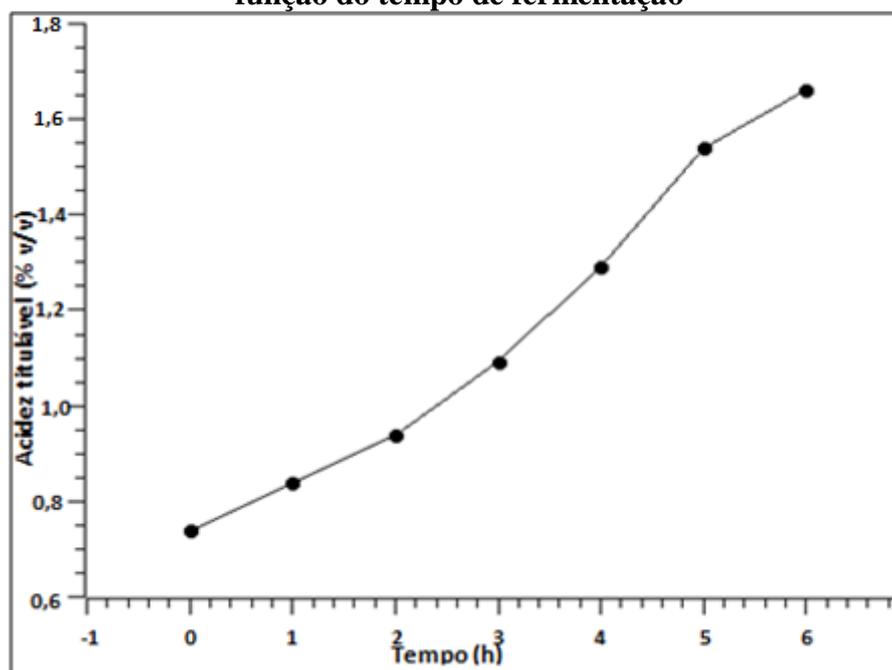
Fonte: Autora (2015).

Apesar de não existir legislação específica para bebidas vegetais fermentadas, a legislação brasileira estabelece para iogurtes acidez entre 0,6 a 1,5% e para leites fermentados 0,6 a 2,0% de ácido láctico, preconizado no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) de leites fermentados (BRASIL, 2007). Além disso, Souza (1991) sugere que o intervalo ideal de acidez para iogurtes seja de 0,7 a 0,9%, apesar dos valores mais comuns estarem na faixa de 0,7 a 1,25%. Com estas informações, entende-se que o alimento desenvolvido neste trabalho possui acidez mais elevada que a acidez considerada ideal para iogurtes.

Caso haja a intenção de produção de uma bebida com características similares àquelas do iogurte, é aconselhável que a fermentação seja interrompida previamente ao pH 4,6. Pois durante o período de armazenamento sob refrigeração, é natural que ocorra um processo de pós-acidificação, resultado da atividade das bactérias lácticas mesmo que a reduzida atividade devido à baixa temperatura.

No entanto, a acidez em torno de 1,51% ainda está dentro do que é estipulado pela legislação federal para leites fermentados, o que intui afirmar que também está adequada ao paladar do consumidor brasileiro. A Figura 6 apresenta o gráfico com os percentuais médios de acidez titulável ao longo do tempo de fermentação.

**Figura 6 – Representação gráfica dos valores médios em % de acidez titulável (v/v) em função do tempo de fermentação**



Fonte: Autora, 2015.

#### 4.1.3 Velocidade instantânea de produção de ácido lático

A partir dos resultados obtidos nas análises de acidez titulável, determinaram-se as velocidades instantâneas de produção do ácido lático por meio da Equação (1). A Tabela 8 aponta as velocidades instantâneas de acordo com o tempo de fermentação.

É válido ressaltar que para os últimos valores de acidez titulável medidos em cada batelada, foi considerado na Equação (1) que  $P_3 = P_2$ . Ao verificar-se os resultados obtidos na Tabela 8 correspondente às velocidades instantâneas, o maior valor encontrado entre todas as bateladas para  $dP/dt$  corresponde à 5ª hora da 3ª batelada, equivalente à produção de 3,09 mL/(L.h).

No caso das quatro primeiras bateladas produzidas com cultura armazenada por menos tempo, verifica-se que as velocidades instantâneas mais altas foram encontradas na 5ª hora de fermentação, com pH correspondente ao intervalo entre 4,49 a 4,13. Isto evidencia que caso a fermentação não seja interrompida em pH próximo de 4,6 imediatamente, a fermentação tende a continuar com velocidade de reação bastante intensa, o que resultaria em um produto final com características demasiadamente ácidas. Para as fermentações realizadas após a 4ª batelada, que foram obtidas com maior tempo de fermentação, as velocidades mais altas

estavam entre a 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> hora de fermentação, ou seja, as velocidades mais altas também foram obtidas nas horas finais de fermentação.

**Tabela 8: Velocidade instantânea de produção de ácido láctico (dP/dt) em (mL/(L.h)) por ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)													
	0	1	2	3	4	5	6							
1 <sup>a</sup>	-	-	1,82	1,82	1,82	1,82	1,41	1,81	1,74	2,24	3,07	3,05	-	-
2 <sup>a</sup>	-	-	1,82	1,82	1,82	1,82	1,81	1,81	2,24	1,85	3,05	2,02	-	-
3 <sup>a</sup>	-	-	1,15	1,43	2,00	0,90	1,30	1,69	2,24	2,78	3,09	3,07	-	-
4 <sup>a</sup>	-	-	1,43	1,29	1,30	1,42	1,69	2,03	2,78	2,96	3,07	2,02	-	-
5 <sup>a</sup>	-	-	0,48	0,48	0,43	0,43	1,30	1,30	2,19	2,54	2,39	2,92	2,03	1,91
6 <sup>a</sup>	-	-	0,48	0,90	1,17	1,30	2,38	1,82	1,81	1,81	1,85	1,85	2,02	2,02
7 <sup>a</sup>	-	-	0,48	0,48	1,17	0,81	2,38	1,82	2,24	1,81	2,40	2,24	1,90	3,07
8 <sup>a</sup>	-	-	0,48	0,48	0,43	0,43	1,30	1,30	2,19	2,54	2,78	2,96	3,07	2,02
9 <sup>a</sup>	-	-	0,43	1,29	1,30	1,82	1,82	1,82	1,81	1,85	1,85	1,86	2,02	1,90
10 <sup>a</sup>	-	-	0,43	0,43	1,30	1,30	1,82	1,82	2,24	2,24	2,40	2,40	1,90	1,90
Média	-		0,97		1,22		1,72		2,21		2,52		2,15	
Desvio	-		0,57		0,53		0,33		0,37		0,49		0,44	
Padrão														

Fonte: Autora (2015).

Comparando as quatro primeiras bateladas com as demais, constata-se que as primeiras apresentaram velocidades iniciais maiores do que aquelas produzidas posteriormente. Tal fato pode ser atribuído ao efeito negativo que o maior tempo de armazenamento teve sobre as culturas. O armazenamento possivelmente diminuiu a atividade das bactérias lácticas e impactou diretamente na produção do principal metabólito destes microrganismos, o ácido láctico.

Estudos de Lacerda et al. (2005) na produção de bebidas lácteas produzidas com leite pasteurizado, fermentado pelas bactérias *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* obtiveram a velocidade máxima de formação de ácido láctico equivalente a 4,17 g/(L.h) ou equivalente a 3,46 mL/(L.h) (transformações foram realizadas com base na densidade do ácido láctico a 18°C, equivalente a 1,206 g/ mL) em 4,5 horas de fermentação, valores considerados razoavelmente próximos aos obtidos neste trabalho. Em pesquisas feitas por Ghasemi et al. (2009) com fermentação de soro de queijo por *L. bulgaricus* apenas, a velocidade máxima obtida para produção de ácido láctico foi 0,304 g/(L.h) (0,252 mL/(L.h)), valores muito abaixo

dos encontrados neste trabalho ou por Lacerda et al. (2005), o que evidencia a protocooperação dos microrganismos *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* e justifica o uso destes pela indústria.

#### 4.1.4 Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Redutores Totais (ART)

A Tabela 9 e a Figura 7 apresentam os resultados obtidos na análise de AR. A análise da Figura 7 mostra uma tendência crescente de AR em função do tempo de fermentação, o que pode parecer contraditório tendo em vista a atividade microbiana, onde há consumo de açúcares e formação de ácido lático e outros compostos. A justificativa para tal comportamento pode ser atribuída à ação das enzimas amilases presentes no grão de quinoa, que resistiram ao tratamento térmico recebido previamente à etapa de fermentação ou ainda, à própria acidez do meio nas últimas horas de fermentação que poderia causar a hidrólise da sacarose adicionada ao extrato.

As amilases são carboidrases capazes de hidrolisar ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 e/ou  $\alpha$ -1,6 presentes no amido, no glicogênio e nos sacarídeos derivados. Existe uma variedade de enzimas que correspondem a essa definição e que podem ser agrupadas de acordo com diferentes características: modo de ação (endo ou exo ligações), retenção ou inversão de configuração ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), afinidade por ligações do tipo  $\alpha$ -1,4 ou do tipo  $\alpha$ -1,6, atividade de transglicosilação ou não (KOBBLITZ, 2010). Entre as amilases mais comuns, encontram-se as  $\alpha$  e  $\beta$ -amilases.

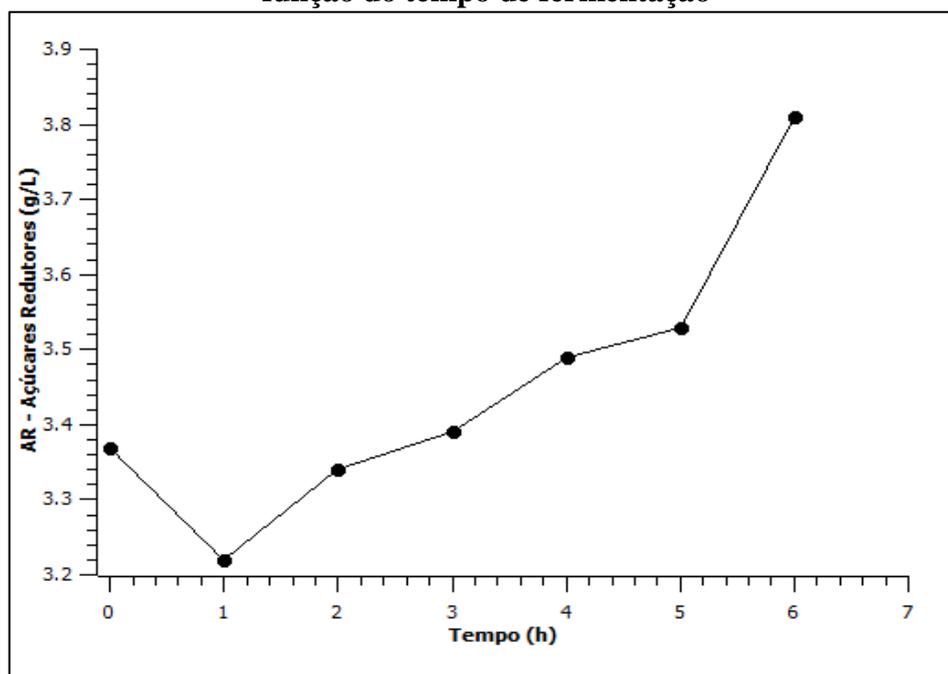
A estabilidade térmica das  $\alpha$ -amilases é muito dependente da fonte. Os produtos finais típicos da ação destas enzimas são  $\alpha$ -dextrinas-limite ramificadas e malto-oligossacarídeos de 2-12 unidades de glicose. A viscosidade do amido é reduzida com rapidez devido à natureza randômica da hidrólise, diminuindo em pouco tempo a massa molar média das cadeias de amilose/amilopectina. Sabe-se que apesar da estabilidade ao calor e pH serem dependentes da fonte de origem, as  $\alpha$ -amilases costumam ser umas das enzimas mais resistentes, principalmente ao calor. Entre as amilases microbianas, por exemplo, os parâmetros ótimos são encontrados em intervalos de pH entre 4-7 e entre 30-130 °C (PARKIN, 2010).

**Tabela 9: Medidas de AR em g/L de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)													
	0	1		2		3		4		5		6		
1 <sup>a</sup>	3,27	3,29	3,12	3,40	3,52	3,34	3,28	3,29	3,40	3,75	3,44	3,62	-	-
2 <sup>a</sup>	3,60	3,28	3,06	2,84	3,42	3,16	3,23	3,17	3,41	3,06	3,25	3,46	-	-
3 <sup>a</sup>	3,18	3,31	2,87	3,34	3,51	3,15	2,94	3,42	3,26	3,63	3,23	3,40	-	-
4 <sup>a</sup>	3,34	2,58	2,96	2,54	3,41	2,64	2,77	3,52	3,73	3,45	3,60	3,55	-	-
5 <sup>a</sup>	3,32	3,47	2,99	3,43	2,98	3,65	3,24	3,45	3,62	3,32	3,50	3,28	3,46	3,60
6 <sup>a</sup>	3,16	3,13	2,59	3,13	2,35	2,93	2,64	3,49	2,33	3,11	2,27	3,12	2,80	3,48
7 <sup>a</sup>	2,74	2,63	2,97	2,84	2,83	2,81	2,95	2,62	2,38	2,44	2,28	2,50	2,96	2,92
8 <sup>a</sup>	4,23	3,58	3,83	3,59	3,81	3,77	3,27	3,70	3,67	3,56	3,61	3,51	3,47	3,85
9 <sup>a</sup>	3,49	3,48	3,84	3,41	3,54	3,60	4,18	4,11	4,43	4,38	5,04	4,86	4,94	5,26
10 <sup>a</sup>	4,11	4,21	4,02	3,61	4,22	4,27	4,09	4,38	4,65	4,16	4,49	4,60	4,52	4,51
Média	3,37	3,22		3,34		3,39		3,49		3,53		3,81		
Desvio	0,45	0,42		0,50		0,50		0,64		0,75		0,82		
Padrão														

Fonte: Autora (2015).

**Figura 7 – Representação gráfica dos valores médios de açúcares redutores (AR) em função do tempo de fermentação**



Fonte: Autora, 2015.

A  $\beta$ -amilase é uma exoglicosidase que libera unidades de maltose a partir de extremidades não redutoras de cadeias de amilose. A ação extensiva desta enzima sobre o amido gera uma mistura de maltose e  $\beta$ -dextrinas-limite. As  $\beta$ -amilases de soja, batata-doce, e *Bacillus* spp. estão entre as mais bem caracterizadas. Geralmente possuem pH ótimo entre 5-7 e temperatura ótima no intervalo de 45-70 °C, dependendo da fonte (PARKIN, 2010).

Deste modo, presume-se que as temperaturas a que o grão e o extrato de quinoa foram expostos não foram suficientes para causar a inativação das amilases presentes naturalmente no meio. Essa tendência quase sempre crescente na concentração de AR ao longo do tempo pode ser justificável pela temperatura de 42 °C durante a fermentação, temperatura próxima da ideal para a ação das amilases. Após o período fermentativo, não é desejável que os níveis de AR continuem aumentando, uma vez que isto provocaria alterações ao longo do período de estocagem, acarretando em doçura demasiada, além da redução da viscosidade que as  $\alpha$ -amilases poderiam causar. Contudo, caso a cadeia do frio seja mantida ao longo de todo o período de armazenamento, o que é vital para a vida de prateleira do produto, estima-se que a ação destas enzimas poderá ser reduzida, uma vez que elas estarão distantes das suas temperaturas ótimas de ação, além do meio acentuadamente acidificado.

A medida de ART é aquela que permite quantificar açúcares na forma reduzida e de amido existentes nas amostras no início e término da fermentação, além de ser a única análise que permite mensurar quanto de açúcar foi consumido pelos microrganismos, uma vez que os valores de AR tendem a ser crescentes apesar do consumo pelas bactérias lácticas. A Tabela 10 fornece as variações em g/ L de ART no início e fim da fermentação.

Os valores médios de ART no início e término da fermentação foram de 63,17 e 59,19 g/ L, respectivamente, o que indica um consumo médio das bactérias lácticas durante o período fermentativo de 3,98 g de açúcares por litro de extrato. Contudo, apesar do perfil geral indicar consumo médio de 3,98 g/ L, caso as bateladas seja analisadas individualmente, percebe-se algumas bateladas apresentaram valores bastante distintos da média.

O comportamento específico da 6ª batelada indica consumo de açúcares equivalente a 1,62 g/ L e 1,39 g/ L. Para a 9ª batelada, o perfil de consumo dos açúcares corresponde a 1,63 g/ L e 1,83 g/ L. Em ambos os casos, observa-se que os resultados encontrados estão acentuadamente abaixo daqueles obtidos por meio da média das medidas. Tais discrepâncias podem ser atribuídas à coleta de amostras que não estivessem devidamente homogeneizadas, devido à tendência de formação de duas fases distintas da bebida.

**Tabela 10: Medidas de ART em g/L de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)					
	0	5	6			
1 <sup>a</sup>	52,30	66,09	49,06	51,69	-	-
2 <sup>a</sup>	76,22	78,45	75,22	75,61	-	-
3 <sup>a</sup>	63,25	65,68	58,99	61,22	-	-
4 <sup>a</sup>	65,27	60,81	60,21	55,75	-	-
5 <sup>a</sup>	62,44	57,98	-	-	57,17	54,94
6 <sup>a</sup>	57,98	55,74	-	-	56,36	54,33
7 <sup>a</sup>	64,67	59,60	-	-	59,80	55,34
8 <sup>a</sup>	60,21	69,33	-	-	54,33	65,27
9 <sup>a</sup>	60,81	63,25	-	-	59,18	61,42
10 <sup>a</sup>	57,77	65,48	-	-	54,13	62,82
Média	63,17			59,19		
Desvio Padrão	6,32			6,92		

Fonte: Autora (2015).

#### 4.1.5 Proteínas solúveis totais

As proteínas solúveis correspondem à fração de aminoácidos e proteínas solúveis que são intermediários na produção de amônia (BARBOSA et al., 2001). A Tabela 11 fornece os resultados de proteínas solúveis no início e fim da fermentação.

A análise de proteínas solúveis revelou a existência de uma baixa ação proteolítica durante a fermentação pelas bactérias lácticas. Segundo Dallagnol et al. (2013), a hidrólise de proteínas da quinoa por bactérias ácido lácticas poderia aumentar seu crescimento e atividade metabólica para liberação de ácido orgânicos, peptídeos e aminoácidos. No entanto, estes microrganismos possuem um complexo processo proteolítico que permitem o transporte de peptídeos e ainda a sua degradação pelas peptidases intracelulares (HERBERT et al., 2000).

**Tabela 11: Medidas de proteínas solúveis em g/L de acordo com tempo de fermentação e ordem de batelada**

Batelada	Tempo (h)					
	0	5	6			
1 <sup>a</sup>	1,84	2,20	1,57	1,88	-	-
2 <sup>a</sup>	1,60	2,39	1,53	1,63	-	-
3 <sup>a</sup>	2,33	2,55	2,32	2,46	-	-
4 <sup>a</sup>	2,34	2,35	1,41	2,27	-	-
5 <sup>a</sup>	2,39	1,91	-	-	2,00	1,73
6 <sup>a</sup>	1,92	1,84	-	-	2,04	1,94
7 <sup>a</sup>	1,91	2,24	-	-	1,90	2,08
8 <sup>a</sup>	2,94	2,62	-	-	2,92	2,55
9 <sup>a</sup>	2,26	2,12	-	-	1,70	1,97
10 <sup>a</sup>	2,43	2,87	-	-	2,27	2,62
Média	2,25		2,04			
Desvio Padrão	0,36		0,40			

Fonte: Autora (2015).

Em estudos realizados por Dallagnol et al. (2013), o próprio grão de quinoa apresentou capacidade proteolítica devido à sua microbiota natural. Em mosto preparado à base de água, quinoa e dextrose anidra, sem adição de microrganismos (chamado de mosto controle), a concentração inicial de proteínas solúveis era de 6,32 g/L, e após 24 horas apresentou concentração de 1,5 g/L. Segundo o autor a microbiota encontrada no grupo controle foi composta por bacilos Gram (+), Gram (-), alguns deles esporulados. No mesmo trabalho o autor relata os dados obtidos com a adição de microrganismo *Lactobacillus plantarum* em mosto também constituído por água, quinoa e dextrose anidra. O resultado da atividade proteolítica deste microrganismo se mostrou ainda mais evidente. A concentração inicial de 6,32 g/L caiu para 0,98 e 0,55 g/L em 12 e 24 horas de fermentação, respectivamente. Neste segundo experimento, observou-se que o *L. plantarum* inibiu o crescimento de outros microrganismos.

O processo de proteólise em leites cultivados tem sido alvo de várias pesquisas nos últimos anos, especialmente naquilo que se refere à principal proteína do leite, a caseína. O aumento de aminoácidos livres de produtos cultivados ou proteólise do *L. bulgaricus* foi atribuído a Miller et al. (1964). O *L. bulgaricus* parece ter ótima atividade proteolítica quando comparado ao *S. thermophilus* com respeito à hidrólise da caseína (MARET; SOZZI; BOHREN.,1974; YU e NAKANISHI, 1975). *Streptococcus thermophilus*, no entanto, possui

maior atividade de peptidase, que degrada os produtos intermediários da proteólise da caseína pelo *L. bulgaricus* (CARINI e LODA, 1974). Isto exemplifica a relação de sinergia entre esses dois organismos, o que determina o grau de proteólise da caseína. O nível máximo de aminoácido livre liberado foi reportado por Luca (1974) na proporção de 1:1 de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. A produção de sabor amargo no iogurte, por exemplo, tem sido atribuída à atividade proteolítica do *L. bulgaricus* durante o armazenamento.

Com os resultados obtidos neste trabalho, é possível observar atividade proteolítica dos microrganismos inoculados, apesar de não ser tão acentuada quanto aquela encontrada nos trabalhos de Dallagnol et al. (2013). Seriam necessários mais estudos para detalhar qual o comportamento da curva de atividade proteolítica ao longo do tempo e variação de pH, qual a proteína mais suscetível a essas reações, etc.. Além disso, há necessidade de maiores investigações sobre a possível relação de simbiose entre os microrganismos *L. bulgaricus* e *S. thermophilus* em extrato hidrossolúvel de quinoa para maiores afirmações.

#### 4.1.6 Contagem das bactérias ácido-láticas (BAL)

A contagem das bactérias lácticas totais viáveis no início e fim da fermentação visa mensurar o crescimento microbiano durante a fermentação.

**Tabela 12: Contagem de bactérias ácido-láticas (BAL) em UFC/mL**

Tempo (h)	Contagem 1	Contagem 2	Média
0	$1,3 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
6	$2,8 \cdot 10^5$	$3,1 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$

Fonte: Autora (2015).

Os resultados da Tabela 12 indicam que houve um baixo crescimento microbiano ao longo da fermentação, com o aumento de apenas um ciclo logarítmico do início ao término da mesma. A contagem média das bactérias lácticas no fim da fermentação, equivalente a  $2,9 \cdot 10^5$  UFC/mL, é considerado baixo quando comparado aos valores exigidos pela legislação para bebidas lácteas fermentadas.

Apesar de não existir uma legislação específica para contagem microbiana em bebidas fermentadas à base de extratos vegetais, o Regulamento Técnico para Bebida Láctea estabelece que a contagem total de bactérias lácticas viáveis deve ser maior que  $10^6$  UFC/mL no produto final (BRASIL, 2005). Este mesmo valor é requerido pela regulamentação australiana (Australian Food Standards Code) para iogurtes (LOURENS-HATTINGH e VILJOEN, 2001). A baixa contagem das BAL pode ser justificada pelo fato dos extratos

vegetais não possuem concentrações de açúcar livre disponível, propícios ao crescimento destas bactérias, quanto os produtos lácteos.

Por isso, extratos vegetais, especialmente as bebidas de soja, são frequentemente suplementados com ingredientes que melhorem as características físico-químicas destes produtos. De acordo com Haully, Fuchs e Prudencio-Ferreira (2005), a suplementação de “iogurte” de soja com oligofrutose (Raftilose P95) e inulina (Raftiline GR) favoreceu a viabilidade celular de BAL em produto armazenado por 28 dias. A contagem de células viáveis do produto suplementado e armazenado por 28 dias apresentou contagem de 9,28 log UFC/mL, enquanto o “iogurte” não suplementado apresentou contagem equivalente a 5,36 log UFC/mL no 21º dia de armazenamento.

Portanto, pode-se sugerir que a suplementação com prebióticos da bebida fermentada de quinoa, pode ser uma alternativa favorável ao crescimento das BAL no produto final e durante a sua estocagem. Contudo, estudos mais detalhados são necessários para avaliar tal hipótese.

## 4.2 ANÁLISE VISUAL

Por meio da observação visual da bebida (Figura 8) é possível afirmar que não houve separação de fases durante o período fermentativo, contudo, encerrada esta etapa e com o produto submetido à temperatura de refrigeração, vê-se claramente a formação de duas fases na bebida. A inferior, provavelmente composta por amido, açúcares e proteínas; e a superior, formada por água e lipídeos.

**Figura 8- Aspecto visual das amostras obtidas durante a fermentação (42 °C) e pós-fermentação (5 °C), respectivamente**



Fonte: Autora, 2015.

Segundo Bhargava et al.(2006), o amido de quinoa gelatiniza à temperatura de 56 - 58 °C e apresenta um único estágio de dilatação entre 65 - 95 °C. Durante a produção da bebida à base de quinoa, o grão e o extrato hidrossolúvel passam por dois tratamentos térmicos. O primeiro, com os grãos ainda intactos aquecidos com água à temperatura de 75 °C por 10 minutos; e o segundo, após a trituração e filtração, o extrato é pasteurizado por 20 minutos a 65 °C. Estes tratamentos citados anteriormente podem ter sido suficientes para que o amido presente no grão sofresse um processo de gelatinização.

A gelatinização é a ruptura da ordem molecular no interior dos grânulos. O aquecimento contínuo dos grânulos de amido, em excesso de água resulta em mais inchaço do grânulo, mais lixiviação de compostos solúveis (principalmente amilose) e, enfim, ruptura total dos grânulos, principalmente com a aplicação de forças de cisalhamento. O inchaço e a ruptura do grânulo produzem uma goma viscosa, constituída de uma fase contínua de amilose solubilizada e/ou moléculas de amilopectina, e uma fase descontínua de grânulos remanescentes (BEMILLER e HUBER, 2010).

Esse atributo gelatinoso é desejável no produto desenvolvido, uma vez que tal viscosidade o aproxima das características dos iogurtes tradicionais, já que com a coagulação das caseínas há a formação de gel ou rede caseica no leite, de aspecto agradável sensorialmente aos consumidores. No entanto, apesar da gelatinização ser favorável sensorialmente, a bebida não se mantém homogênea durante o período de armazenamento refrigerado. Após a fermentação, um segundo fenômeno conhecido ocorre, a retrogradação.

A formação de zonas de associação de um gel pode ser considerada como o primeiro estágio de uma tentativa de cristalização das moléculas de amido. Ao se esfriar e armazenar soluções e massas de amido, ele se torna progressivamente menos solúvel. Em soluções diluídas, as partículas de amido precipitarão. O processo coletivo, pelo qual as moléculas em solução ou as massas se tornam menos solúveis, é chamado de retrogradação. A retrogradação de amidos cozidos envolve os dois constituintes poliméricos, amilose e amilopectina, sendo que a amilose passa por retrogradação com muito mais rapidez que a amilopectina (BEMILLER e HUBER, 2010).

A taxa de retrogradação depende de muitas variáveis, inclusive da razão molecular entre a amilose e amilopectina, a qual é determinada pela origem botânica do amido; da temperatura; da concentração de amido; e da presença e concentração de outros ingredientes, principalmente surfactantes e sais (BEMILLER e HUBER, 2010). Apesar de a retrogradação ser um inconveniente devido ao mau aspecto, este é facilmente corrigível com o uso de estabilizantes alimentícios de uso recorrente nas indústrias.

#### **4.2.1 Hipóteses para a não coagulação das proteínas**

Apesar de seguirem abaixo algumas hipóteses que eventualmente justifiquem a não coagulação das proteínas durante a fermentação, é válido salientar que as proteínas da quinoa ainda necessitam ser mais bem estudadas para incrementar o conhecimento não apenas nutricional das mesmas, mas principalmente das suas aplicações tecnológicas.

Embora as proteínas de quinoa tenham alto valor biológico, não significa afirmar que o extrato do grão apresenta altas concentrações de proteínas, necessariamente. Por exemplo, segundo Koziol (1990), o grão de quinoa é composto em 16,5% de proteínas, enquanto o grão de soja possui 36,1%.

Os tratamentos térmicos dados, talvez tenham sido suficientes para causar a desnaturação irreversível das proteínas, fazendo com que o arranjo tridimensional da cadeia polipeptídica fosse rompido. Contudo, não foram encontrados trabalhos publicados detalhando a resistência térmica das diferentes proteínas da quinoa. Por isso, torna possível admitir que as mesmas foram desnaturadas devido ao calor.

A faixa de pH durante a fermentação variou entre 6,45 e 4,15, aproximadamente. Nesta amplitude não foi possível visualizar a coagulação das proteínas presentes. De acordo com Oshodi, Ogungenle e Oladimeji (1999) citado por Arendt e Dal Bello (2008), a solubilidade da farinha de quinoa é dependente do pH, com solubilidade mínima a pH 6,0.

Logo, pode-se deduzir que apesar da bebida ter alcançado pH 6,0 durante a fermentação, a coagulação não ocorreu devido às alterações causadas durante a geleificação do amido.

A formação do gel de amido, provavelmente também tenha envolvido as moléculas de proteínas, dessa forma, estas não se encontravam suspensas na solução, como ocorre com as caseínas no leite. Assim, apesar da queda do pH e provável alcance do ponto isoelétrico, a força de atração entre as proteínas não foi suficiente para livrá-las do gel formado.

Portanto, torna-se difícil garantir qual hipótese é mais provável ou se, um conjunto de todas essas situações citadas acima contribuíram para que a coagulação não ocorresse. Apesar do foco deste trabalho não ter sido um estudo aprofundado sobre proteínas, os resultados obtidos mostram que as proteínas da quinoa podem ser objeto de estudos muito relevantes para que as técnicas de aplicações nas mais diversas áreas sejam aprimoradas.

#### 4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS PARA AS FORMULAÇÕES F1, F2 E F3

Os resultados obtidos para as análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 13 abaixo:

**Tabela 13: Média das análises físico-químicas para as formulações F1, F2 e F3**

Composição (g/100 g de amostra) ± dp	F1	F2	F3
Umidade	93,38 <sup>a</sup> ± 0,18	92,92 <sup>b</sup> ± 0,05	92,65 <sup>b</sup> ± 0,05
Cinzas	0,13 <sup>c</sup> ± 0,01	0,20 <sup>b</sup> ± 0,02	0,43 <sup>a</sup> ± 0,01
Proteínas	0,50 <sup>c</sup> ± 0	0,69 <sup>a</sup> ± 0,01	0,63 <sup>b</sup> ± 0
Lipídeos	0,38 <sup>a</sup> ± 0,01	0,31 <sup>c</sup> ± 0	0,35 <sup>b</sup> ± 0,01

Fonte: Autora (2015).

\*Letras diferentes na mesma linha implicam afirmar que as amostras diferem significativamente entre si para  $p < 0,05$ .

\*\* dp = desvio padrão

##### 4.3.1 Umidade – Perda por dessecação

Observa-se pela análise da Tabela 13 que as formulações F2 e F3 diferiram significativamente com relação à F1. A formulação F1 apresentou maior teor de umidade, seguidas das formulações F2 e F3, respectivamente. A adição de polpa de maracujá na formulação F2 e polpa de maracujá e goma carragena na formulação F3 causou diminuição na umidade média das mesmas devido ao aumento de sólidos solúveis. A umidade de um

alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, podendo afetar seu armazenamento, embalagem e processamento (ALDRIGUE et al., 2002).

Para fins comparativos, Trindade et al. (2001) relatam valores de umidade para “iogurtes” a base de soja entre 89,00 a 91,20%. Nos estudos realizados por Costa et al. (2013) para iogurtes preparados a base de leite integral e com adição de diferentes espessantes, obtiveram valores entre 79,97 a 80,42%. Em ambos os casos, observa-se que os teores de umidade se encontram abaixo daqueles obtidos neste trabalho, embora a bebida a base de soja esteja mais próxima dos valores encontrados para a bebida a base de quinoa.

A principal causa desta diferença pode ser atribuída à etapa de filtração do extrato hidrossolúvel de quinoa para o preparo da bebida fermentada. Parte dos sólidos permaneceu retida na peneira, o que acarretou os altos teores de umidade até mesmo para as amostras com adição de polpa de maracujá e goma carragena.

#### **4.3.2 Cinzas – Resíduo por incineração**

O teor de cinzas de um alimento representa o conteúdo mineral que permanece após a queima da matéria orgânica de determinada amostra (ALDRIGUE et al., 2002). Apesar de não existir uma definição aceita universalmente para o termo “mineral” aplicável em alimentos e nutrição, o termo usualmente se refere a outros elementos que não, C, H, O e N presentes em alimentos. Estes quatro elementos não minerais estão presentes principalmente em moléculas orgânicas e de água, e constituem cerca de 99% do total de átomos em sistemas vivos. Deste modo, elementos minerais estão presentes em quantidades relativamente baixas em alimentos. No entanto, eles desempenham papéis funcionais chave nos mesmos (MILLER, 1996).

Pela análise da Tabela 13, pode-se afirmar que as três formulações se diferenciam significativamente entre si. A formulação F3 foi a que obteve maior teor de cinzas, seguidas das formulações F2 e F1, respectivamente. A incorporação de aditivos alimentares como a polpa de maracujá e goma carragena causou enriquecimento no conteúdo mineral do produto. Resultados encontrados por Trindade et al. (2001) em “iogurtes” de soja correspondem a 0,5% de cinzas, valores estes que diferem acentuadamente principalmente daqueles obtidos nas formulações F1 e F2.

Contudo, os resultados de Bianchi (2013) se aproximam dos valores encontrados neste trabalho. Em produção de bebidas fermentadas a base de extrato de quinoa e de soja, com

adição de soro de leite, leite em pó, lactose e estabilizantes, obteve-se valores para cinzas entre 0,32% e 0,41%, valores estes mais próximos dos resultados obtidos em F2 e F3.

### 4.3.3 Proteína bruta

Todas as proteínas são essencialmente compostas pelos 20 aminoácidos essenciais; no entanto, algumas proteínas podem não conter um ou alguns dos 20 aminoácidos. Literalmente, bilhões de proteínas com propriedades únicas podem ser sintetizadas através da mudança na sequência de aminoácidos, do tipo e razão de aminoácidos, e comprimento da cadeia de polipeptídeos (DAMODARAN, 1996).

Todas as proteínas produzidas biologicamente podem ser usadas como proteínas alimentares. No entanto, por propósitos práticos, proteínas alimentares podem ser definidas como todas aquelas que são facilmente digeríveis, atóxicas, nutricionalmente adequadas, funcionalmente usáveis em produtos alimentícios e disponíveis em abundância. Tradicionalmente, leites, carnes, ovos, cereais, legumes e oleaginosas têm sido usadas como as maiores fontes de proteínas alimentares. Contudo, devido ao crescimento da população mundial, fontes não tradicionais de proteínas alimentares para nutrição humana precisam ser desenvolvidas a fim de suprirem demandas futuras. As propriedades funcionais das proteínas estão relacionadas às suas características estruturais e físico-químicas. O entendimento fundamental das propriedades físicas, químicas, nutricionais e funcionais das proteínas e a mudança destas propriedades quando submetidas às condições de processamento, é essencial para avaliar se o desempenho das proteínas é melhorado, e se novas ou mais baratas fontes de proteínas são comparáveis com fontes tradicionais (DAMODARAN, 1996). Na Tabela 13 estão apresentados os resultados correspondentes às proteínas.

Ao observar os resultados da Tabela 13, verifica-se que as três amostras diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) umas das outras. A formulação F2, com adição de polpa de maracujá foi a amostra que obteve o maior valor na quantificação de proteínas, correspondente a 0,69%.

A amostra F3 com adição de polpa de maracujá e goma carragena apresentou 0,63% de produto, o que implica dizer que o acréscimo da goma carragena causou decréscimo na quantidade de proteínas em comparação com a amostra F2 com relação à proporção por massa. Já a amostra F1 foi a que obteve menor valor, 0,50 %.

Comparativamente, o resultado permite afirmar que ambos os aditivos usados nas formulações F2 e F3 foram benéficos nutricionalmente ao aumentar o teor de proteínas em

relação à F1. Resultados obtidos por Almeida; Bonassi e Roça (2001) relatam valores de proteínas equivalentes a 1,94% de produto para bebida fermentada constituída em 50% por leite integral e 50% por soro de queijo com fermentação de *L. bulgaricus* e *S. thermophilus*. Ao se comparar tais valores com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que todas as formulações desenvolvidas se encontram proeminentemente abaixo dos resultados citados. Deste modo, é possível afirmar que a metodologia aplicada neste trabalho levou a um baixo conteúdo proteico.

#### 4.3.4 Lipídeos totais

Lipídeos consistem em um amplo grupo de componentes que são geralmente solúveis em solventes orgânicos, mas moderadamente solúveis em água. São majoritariamente presentes nos tecidos adiposos, e juntamente com proteínas e carboidratos constituem os principais componentes da estrutura de todas as células vivas (NAWAR, 1996).

Na dieta, os lipídeos possuem um importante papel nutricional. Eles fornecem calorias e ácidos graxos essenciais, agindo como carregadores de vitaminas e aumentam a palatabilidade dos alimentos, mas por décadas têm sido centro de controvérsias com respeito à toxicidade, obesidade e doenças (NAWAR, 1996). Na Tabela 13 são apresentados os resultados de lipídeos totais para as três formulações desenvolvidas.

Os resultados indicam que todas as amostras diferiram significativamente entre si ( $p < 0,05$ ) para o teor médio de lipídeos totais. A formulação F1 foi a que apresentou maior teor de lipídeos, 0,38 g/100 g de produto. A segunda maior média foi encontrada na formulação F3 com adição de polpa de maracujá e goma carragena, seguida da amostra F2, com adição de polpa de maracujá apenas. A justificativa para tal resultado é o fato de que a polpa de maracujá possui quantidades praticamente insignificantes de lipídeos em sua composição. O resultado obtido de Almeida; Bonassi e Roça (2001) na produção de bebida fermentada a base de soro de queijo e leite, foi de 1,59%.

Comparativamente aos resultados obtidos neste trabalho para lipídeos totais, todas as formulações se apresentaram muito abaixo daqueles encontrados pelo autor citado, o que já era previsto, tendo em vista o alto teor de lipídeos que o leite e seus derivados possuem em relação ao extrato de quinoa. O baixo teor de lipídeos pode ser uma vantagem nutricional e mercadológica. Embora a ingestão de lipídeos seja essencial para a saúde humana, é sabido que seu consumo em demasia está relacionado ao ganho de peso. Segundo Blundell e Gillet (2001), o consumo de alimentos ricos em lipídeos contribui diretamente para o equilíbrio

energético positivo, por aumentar a fome e a quantidade de energia consumida, o que irá conduzir ao aumento do peso.

#### 4.4 ANÁLISE REOLÓGICA

Através da análise da Tabela 14 e da Figura 9 representados abaixo, algumas considerações podem ser verificadas quanto à análise de reologia.

**Tabela 14: Média e desvio padrão da avaliação dos parâmetros K (índice de consistência) e n (índice de comportamento de escoamento) obtidos pela Lei de Potência**

Parâmetro	Formulação		
	F1	F2	F3
<b>K (Pa.s<sup>n</sup>) ± dp</b>	0,06 <sup>b</sup> ± 0,003	0,04 <sup>b</sup> ± 0,007	6,30 <sup>a</sup> ± 0,989
<b>n ± dp</b>	0,76 <sup>a</sup> ± 0,011	0,79 <sup>a</sup> ± 0,029	0,22 <sup>b</sup> ± 0,025

Fonte: Autora (2015).

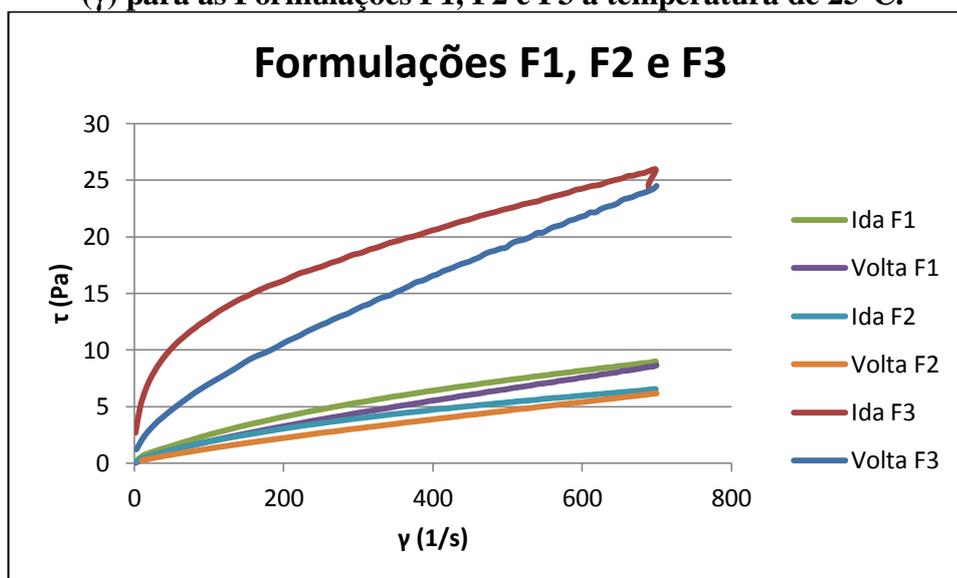
\*Letras diferentes na mesma linha implicam afirmar que as amostras diferem significativamente entre si para  $p < 0,05$ .

\*\* dp = desvio padrão

Ao analisar os valores obtidos para o índice de comportamento de escoamento (n), verifica-se que todas as amostras apresentam o comportamento de um fluido pseudoplástico ( $0 < n < 1$ ). Observa-se que as amostras F1 e F2 apresentam comportamento mais próximo de um fluido Newtoniano ( $n = 1$ ) do que F3, o que indica um caráter menos viscoso das duas primeiras amostras. Além disso, apesar do perfil gráfico das formulações F1 e F2 diferirem sensivelmente, pode-se afirmar que para o índice de consistência (K) e o índice de comportamento de escoamento (n) F1 e F2 não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

Quanto à amostra F3, nota-se que o valor de K é muito maior do que o obtido para F1 e F2, devido ao efeito geleificante da goma carragena. A goma carragena é um polímero de galactose solúvel em água com aplicações nas indústrias alimentícias e farmacêuticas, usada como agente geleificante e estabilizante, tendo boa ação estabilizante em polpas de frutas (CHA et al. 2002; SPAGNUOLO et al. 2005). A amostra F3 apresentou maior viscosidade e consistência, com características mais próximas de iogurte. Ademais, de acordo com o teste de umidade, F3 obteve o maior teor de sólidos solúveis dentre as três formulações desenvolvidas; e segundo Amatayakul et al. (2006), quanto maior a quantidade de sólidos totais, maior a firmeza do produto, isto é, maior o índice de consistência.

**Figura 9 – Representação gráfica da tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e a taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) para as Formulações F1, F2 e F3 à temperatura de 25°C.**



Fonte: Autora, 2015.

Ao observar a Figura 9, pode-se reafirmar que todas as amostras analisadas apresentam propriedades elásticas, portanto, não podem ser classificadas como fluidos Newtonianos. De acordo com Muller (1977), um fluido Newtoniano não deve apresentar propriedades elásticas, pois é incompressível e isotrópico. Além disso, para os fluidos Newtonianos, a viscosidade ( $\eta$ ) é constante.

Para os fluidos Não Newtonianos, a viscosidade é chamada de viscosidade aparente e é calculada segunda a equação, conforme Malkin (1994):

$$\eta_{ap} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad \text{Equação (5)}$$

Para  $\eta_{ap}$  = viscosidade aparente.

Todas as amostras analisadas apresentaram o fenômeno conhecido por tixotropia, pois ocorreu a diminuição da viscosidade de acordo com o tempo de deformação. Segundo Alves (2003), nesta situação, a estrutura interna do material não se refaz do mesmo modo como existia anteriormente, evidenciando a elasticidade dos materiais, onde as energias acumuladas e dissipadas pelo sistema são diferentes.

De acordo com Schramm (2006), a tixotropia pode ser causada pela quebra da estrutura de uma dispersão sobre uma tensão. Apesar da tixotropia ser indesejável ao produto, a mesma pode ser comumente encontrada em produtos alimentícios como sucos, polpas e bebidas lácteas. A diferença entre as curvas ascendentes e descendentes, conhecida por histerese, também caracteriza o fenômeno de tixotropia (WALSTRA et al. 1999).

Tal fenômeno é resultado da quebra da estrutura do gel e em alguns casos, o produto pode reestabelecer sua estrutura após certo tempo de repouso. Para HOLDSWORTH (1993), quanto maior a área sob a curva, maior é o efeito tixotrópico. A maior histerese foi observada na formulação de maior consistência F3, que ao sofrer ação da força cisalhante continuamente, perdeu sua estrutura original devido à presença da goma carragena.

No que se refere ao estudo de alimentos, Alves (2003) afirma que a reologia é importante para haver uma melhor compreensão do comportamento mecânico dos produtos alimentícios, já que estes possuem uma estrutura bastante complexa. As proteínas e polissacarídeos devido às interações inter e intramoleculares são responsáveis pela estrutura dos alimentos. A reologia relaciona-se com as propriedades mecânicas e sensoriais dos alimentos, almejando a melhor aceitação sensorial do produto.

O perfil gráfico das formulações desenvolvidas indica que as amostras F1 e F2 apresentaram perfis bastante próximos, apesar da amostra F1 ter apresentado valores um pouco maiores de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente do que os valores obtidos para F2. Isto demonstra que a adição da polpa de maracujá em F2 afetou levemente o perfil da bebida desenvolvida, diminuindo discretamente sua viscosidade aparente.

Deste modo, apesar do maracujá ser uma rica fonte de pectina, provavelmente a maior parte da mesma se retém na casca do fruto e não compõe de forma significativa a polpa da fruta. Pois caso a pectina estivesse presente na polpa, a mesma teria promovido um aumento na viscosidade e funcionado como coloide estabilizante na amostra, o que não ocorreu neste trabalho. O efeito da adição da goma carragena em F3 também é observado claramente ao se comparar graficamente as amostras F1 e F2, com F3. A curva F3 se mostrou proeminente acima das curvas das outras amostras, com valores de tensão de cisalhamento mais altos, o que caracteriza o aumento da viscosidade aparente da mesma.

#### 4.5 ÍNDICE DE SINÉRESE

A sinérese é uma propriedade indesejável em bebidas devido ao aspecto não homogêneo, indesejável pelo consumidor. A Tabela 15 apresenta os valores obtidos para a sinérese dos produtos.

**Tabela 15: Percentual médio e desvio padrão de índice de sinérese das formulações F1, F2 e F3**

Índice de sinérese	F1	F2	F3
% Médio (m/m) ± dp	88,59 <sup>a</sup> ± 0,45	86,69 <sup>a</sup> ± 2,65	22,31 <sup>b</sup> ± 1,29

Fonte: Autora (2015).

\*Letras diferentes implicam afirmar que as amostras diferem significativamente entre si para  $p < 0,05$ .

\*\* dp = desvio padrão

Os resultados da Tabela 15 indicam que as amostras F1 e F2 apresentaram alto índice de sinérese, de 88,59 e 86,69%, respectivamente, não diferindo significativamente entre si ( $p < 0,05\%$ ). A tendência a sinérese depende de uma combinação de fatores, entre eles, da temperatura de incubação, do tratamento térmico por tempo prolongado, do baixo teor de sólidos e do pH do produto (WALSTRA et al., 1999). Deste modo, é possível que a sinérese tenha sido influenciada principalmente pelo baixo teor de sólidos (encontrado em análise anterior).

Além disso, a tendência natural de precipitação do extrato hidrossolúvel de quinoa e o fenômeno de retrogradação também podem ser fatores que favoreceram este fenômeno. A amostra F3 foi a que obteve menor teor de sinérese, característica que pode ser atribuída à ação estabilizante da goma carragena.

Contudo, a sinérese é um defeito comum, e portanto indesejável, em bebidas fermentadas derivadas de leite e está relacionado ao líquido nas superfícies de gel do leite e ao encolhimento deste gel, com consequente perda de soro de leite (GAUCHE et al., 2009). Assim, pode-se ressaltar a importância dos diversos estabilizantes alimentícios disponíveis no mercado para reduzir ou amenizar esta separação.

#### 4.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e outros materiais da forma como são percebidos pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Uma vez que a qualidade de um alimento implica, entre outras coisas, a satisfação do consumidor, é necessário que se tenha em mente que o próprio consumidor é quem deve ditar esta qualidade. Portanto cabe ao consumidor determinar os parâmetros de qualidade do produto. Neste ponto a análise sensorial se mostra extremamente importante (LUCIA; MININ; CARNEIRO, 2010).

Por meio da análise sensorial, as características ou propriedades de interesse relativas à qualidade sensorial do alimento são identificadas e adequadamente estudadas, com base em metodologias sensoriais de coleta de dados e em métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados (LUCIA; MININ; CARNEIRO, 2010).

O teste de escala hedônica possui uma grande aplicabilidade na análise sensorial afetiva para identificar preferência por um determinado produto, quando comparado com outros similares (MONTEIRO, 2005). A Tabela 16 apresenta os resultados obtidos para a análise sensorial das formulações desenvolvidas.

**Tabela 16: Média e desvio padrão resultantes da análise sensorial de escala hedônica para formulações F1, F2 e F3**

<b>Aspecto sensorial</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>
<b>Cor</b>	4,96 <sup>b</sup> ± 1,88	7,43 <sup>a</sup> ± 1,10	7,37 <sup>a</sup> ± 1,34
<b>Sabor</b>	4,51 <sup>b</sup> ± 1,93	5,57 <sup>a</sup> ± 1,99	5,27 <sup>a</sup> ± 1,82
<b>Aroma</b>	5,76 <sup>b</sup> ± 2,10	7,04 <sup>a</sup> ± 1,47	7,24 <sup>a</sup> ± 1,34
<b>Textura</b>	5,69 <sup>b</sup> ± 1,70	6,57 <sup>a</sup> ± 1,32	6,53 <sup>a</sup> ± 1,46
<b>Avaliação Global</b>	4,94 <sup>b</sup> ± 1,75	6,29 <sup>a</sup> ± 1,58	6,09 <sup>a</sup> ± 1,48

Fonte: Autora (2015).

\*Letras diferentes na mesma linha implicam afirmar que as amostras diferem significativamente entre si para  $p < 0,05$ .

De acordo com a Tabela 16, a amostra F1 obteve a menor nota em todos os quesitos analisados, e diferiu em nível de 5% de significância de todos os outros parâmetros das formulações F2 e F3. Tais resultados já eram previstos, tendo em vista que o paladar dos brasileiros não está habituado a consumir produtos sem adição de saborizantes naturais ou artificiais. O aspecto esbranquiçado e a falta de um sabor marcante fizeram com que as características cor, sabor e avaliação global obtivessem notas 4,96, 4,51 e 4,94, respectivamente. Notas que podem ser classificadas entre os parâmetros “desgostei levemente” e “indiferente”, o que caracterizam certa rejeição do produto pelos consumidores. Os parâmetros aroma e textura foram um pouco melhor avaliados, com atribuição das notas de 5,76 e 5,69, respectivamente. Apesar da adição de aroma mascarante de soja na amostra F1, a mesma ainda apresentava um leve aroma de “feijão cru”, como é definido o sabor e aroma de extratos hidrossolúveis de origem vegetal, o que pode ter influenciado a baixa aceitação do produto da amostra.

As amostras F2 e F3 obtiveram as melhores notas em todos os aspectos quando comparadas à amostra F1. Entre as formulações F2 e F3 não houve diferenças significativas em nenhum dos parâmetros avaliados, nem mesmo no quesito “textura”, apesar da formulação F3 ter sido acrescido de goma carragena, o que alterou a textura e consistência do produto. O

parâmetro textura recebeu notas 6,57 e 6,53 para as formulações F2 e F3, nesta ordem. De acordo com o teste estatístico, as notas não foram influenciadas significativamente na avaliação sensorial pela adição da goma ( $p < 0,05$ ).

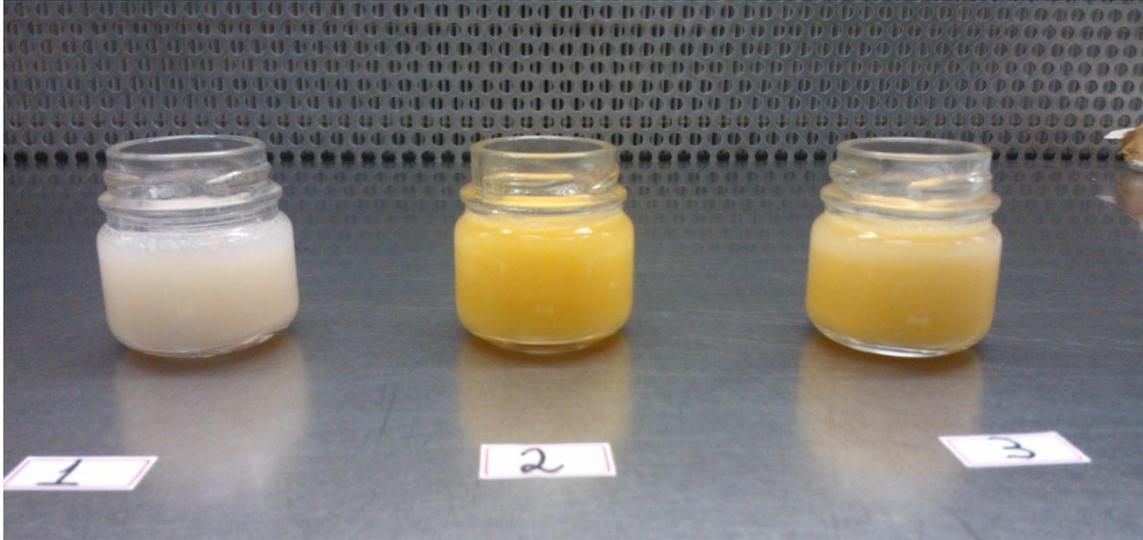
Os quesitos cor e aroma foram os melhores avaliados nas amostras F2 e F3. Ao parâmetro cor foram atribuídas notas 7,43 e 7,37, para o parâmetro aroma, as notas obtidas foram 7,04 e 7,24 para as formulações F2 e F3, respectivamente. As notas podem ser classificadas entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

O parâmetro sabor foi o que recebeu a menor nota, 5,57 e 5,27 nas formulações F2 e F3. A leve aceitação se deve ao fato de que a adição da polpa de maracujá intensificou a acidez da bebida, o que acarretou em acidez demasiada para o paladar de muitos provadores. A avaliação global das amostras recebeu notas 6,29 e 6,09, para as amostras F2 e F3, o que sugere que algumas adaptações do produto são necessárias para maior aceitabilidade pelo consumidor.

Ao relacionar os resultados obtidos neste trabalho com os de Bicudo et al.(2012) para bebidas fermentadas a base de quinoa com adição de polpas de frutas, obteve-se notas para a amostras com polpa de pêsego para os quesitos cor, sabor, aroma, textura e impressão global iguais a 6,88; 6,64; 6,46; 6,34 e 6,38, respectivamente. Para formulação desenvolvida com polpa de uva, as médias obtidas foram 5,74; 5,00; 4,72; 5,86 e 5,06, seguindo a mesma ordem do exemplo anterior.

Deste modo observa-se que as formulações F2 e F3 receberam notas próximas ou superiores quando comparadas ao exemplo em todos os quesitos, exceto para sabor. Como este critério foi o que recebeu menores notas nas formulações F2 e F3 devido à alta acidez, sugere-se que a polpa de maracujá seja substituída por outra que não acentue a acidez da bebida ou se desenvolvam novas formas para atenuar o sabor ácido. Abaixo, na Figura 10, apresenta-se a imagem das 3 formulações desenvolvidas.

**Figura 10 - Imagem das formulações F1, F2 e F3, respectivamente, armazenadas por dois dias à temperatura de 5°C**



Fonte: Autora, 2015.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a bebida fermentada a base de quinoa pode ser uma opção viável comercialmente, devido à boa aceitação dos avaliadores por meio da análise sensorial. A bebida em questão também pode se tornar uma alternativa facilmente reproduzível artesanalmente, já que a sua elaboração não necessita de equipamentos sofisticados. Além disso, a bebida desenvolvida favorece a variedade de alimentos para indivíduos portadores de alergias e intolerâncias alimentares, em especial aos alérgicos às proteínas do leite e aos intolerantes à lactose; e também contribui para a diversidade alimentar daqueles que vivem sob circunstâncias de insegurança alimentar decorrente do fato de viverem em regiões com restritas fontes de alimentos e a impossibilidade financeira de adquirirem alimentos em quantidade e qualidade suficientes para garantir sua saúde.

O resultado do estudo cinético da produção de ácido lácticos pelos microrganismos *S. thermophilus* e *L. bulgaricus* indicam que os microrganismos foram capazes de se reproduzirem e acidificarem o extrato hidrossolúvel de quinoa adicionado de sacarose, em intervalo de tempo próximo ao necessário para fermentação do leite, utilizando pH 4,6 como referência.

O uso da polpa de maracujá nas formulações desenvolvidas favoreceu a aceitação da bebida, de acordo com os resultados obtidos por meio da análise sensorial. Tal resultado sugere que a bebida fermentada a base de quinoa possui maior probabilidade de ser aceita caso haja uso de aditivos alimentícios que agregam um sabor marcante ao produto. Além disso, o uso de estabilizantes alimentícios também é sugerido, tendo em vista que o extrato de quinoa possui tendência em formar duas fases durante o armazenamento. Deste modo, o uso de estabilizantes diminuiria a tendência à sinérese da bebida, melhorando o seu aspecto visual.

No que diz respeito ao conteúdo nutricional, as formulações desenvolvidas apresentaram conteúdo proteico abaixo do esperado pelos pesquisadores deste trabalho. Este resultado é atribuído ao uso de peneira demasiadamente seletiva durante o processamento da bebida, a qual reteve maior parte do conteúdo proteico do grão de quinoa.

De modo geral, apesar deste trabalho ter alcançado a maior parte dos objetivos almejados inicialmente, sugere-se que algumas modificações sejam realizadas ao longo do processamento da bebida para que seu conteúdo nutricional e suas características organolépticas sejam aprimorados.

## 6 SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

Como sugestões para melhorar a qualidade nutricional do produto, principalmente no que se refere ao teor proteico, pode-se optar pelo uso de uma maior concentração de grão de quinoa para a produção do extrato; ou ainda a utilização de novos métodos para tornar mais eficiente a extração das proteínas do grão durante a produção do extrato hidrossolúvel, como uso de peneiras menos seletivas.

Sugere-se que novos estabilizantes alimentícios sejam testados para diminuir o efeito da sinérese no produto. Apesar do uso da goma carragena ter sido razoavelmente satisfatório, outros aditivos podem ser mais eficientes para controlar a sinérese.

A acidez demasiada do produto também prejudicou a aceitabilidade do quesito “sabor” das formulações desenvolvidas. Como sugestões para atenuar a acidez, pode-se optar por desenvolver um produto com menor tempo de fermentação, e conseqüente menor concentração de ácido láctico. Do ponto de vista simplesmente sensorial, o aumento da doçura dado pela adição de açúcar seria uma alternativa para mascarar a acidez do alimento, contudo, do ponto de vista nutricional, esta opção seria prejudicial à saúde dos consumidores, que normalmente já possuem uma dieta excessivamente rica em açúcares. Outra alternativa é a substituição da polpa de maracujá por outras polpas que harmonizem melhor com a acidez do alimento, como por exemplo, a de morango, que é a mais aceita pelos brasileiros para dar sabor a iogurtes.

O material retido na peneira na etapa de produção do extrato hidrossolúvel também pode ser aproveitado tendo em vista seu alto teor de proteínas e fibras. A borra de quinoa pode ser aproveitada para fabricação de barra de cereais, produtos de panificação e rações.

## REFERÊNCIAS

- ALDRIGUE, M. L.; et al. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. v. 1. João Pessoa: Editora UFPB, 2002. 198 p.
- ALMEIDA, K. E.; BONASSI, I. A.; ROÇA, R. O. Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, 2001.
- ALVES, M. M. M. A reologia. In: DE CASTRO, A. G. (Coord.). **A química e a reologia no processamento de alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003, p. 39-42.
- AMATAYAKUL, T.; SHERKAT, F.; SHAH, N. P. Physical characteristics of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. **Food hydrocolloid**, v. 20, n. 2-3, p. 314–324, 2006.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18 ed. Maryland: AOAC International, 2005.
- ASCHERI, J. L.; SPEHAR, C. R.; NASCIMENTO, N. E. Caracterización química comparativa de harinas instantâneas por extrusión de quiua (*Chenopodium quinoa Willd.*), maíz y arroz. **Alimentaria**, Madrid, v. 39, n. 331, p. 82-89, 2002.
- BARBOSA, N. G. S.; et al. Fermentação da proteína de seis alimentos por microrganismos ruminais, incubados puros ou com monensina ou rumensin. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, jul./ago., 2001.
- BECKER, R.; HANNERS, G. D. Composition and nutritional evaluation of quinoa whole grain flour and mill fractions, 1990. In: MAZZA, G.; GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; PAREDES-LÓPEZ, O. **Alimentos funcionales**. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA, S.A, 1998, p.291-302.
- BEHRENS, J. H.; ROIG, S.M.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos de Funcionalidade, de Rotulagem e de Aceitação de Extrato Hidrossolúvel de Soja Fermentado e Culturas Lácteas Probióticas. **Boletim SBCTA**, v. 34, n. 2, p. 99-106, 2001.
- BELCH, J. J. F.; et al. Effects of altering dietary essential fatty acids on requirements for nonsteroidal anti-inflammatory drugs in patients with rheumatoid arthritis: a double blind placebo controlled study. **Ann. Rheum. Dis**, v. 47, p. 96-102, 1988.
- BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. Carboidratos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. 4 ed. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective. **J. Industrial Crops and Products**, v. 23, p. 73-87, 2006.

BIANCHI, F. **Desenvolvimento e avaliação em simulador do ecossistema microbiano humano de uma bebida simbiótica à base de extratos aquosos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) e de soja**. 2013. 122 f. Dissertação (Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Araraquara, SP, 2013.

BICUDO, M. O. P.; et al. Elaboração e caracterização de bebida fermentada à base de extrato hidrossolúvel de quinoa com polpa de frutas. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 19-26, jan./jun., 2012.

BLEIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BLUMBERG, J. B. Nutrient control of immune function. In: GOLDBERG, I. **Functional Foods Designer Foods, Pharmafoods, and Nutraceuticals**. New York, USA: Chapman & Hall, 1994, p.133-141.

BLUNDELL, J. E.; GILLET, A. Control of food intake in the obese. **Obesity Research**, v. 9, n. 4, p. 263S-270S, 2001.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela: 2001.

BOSHARD, V. C.; et al. Uso de produtos fermentados, iogurtes e fórmulas infantis suplementadas no tratamento e prevenção de diarreias. **Ciência e Tecnologia**, n. 9, v. 5, p. 25-30, 1996.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, Nova Iorque, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. **Adota o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leites Fermentados**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de outubro de 2007. Seção 1, p. 5.

BRASIL. **Nova legislação de produtos lácteos e de alimentos especiais, diet e enriquecidos**. São Paulo, p. 212, 1998.

BRASIL. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebidas lácteas**. Diário Oficial, Brasília, 24 de agosto de 2005, Seção 1, p.07.a.

CARBONE-RISI, J. J. M. **Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain**. 1986. 338 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – University of Cambridge, Cambridge, 1986.

CARINI, S.; LODA, R. The lactic acid bacteria, their proteolytic, reducing and acidifying activities in the ripening of cheese. **International Dairy Congr.**, 19<sup>th</sup>, v. 1E, p. 433, 1974.

CHA, D. S.; et al. Antimicrobial films based on Na-alginate and  $\kappa$ -carrageenan. **Lebensm.-Wiss. Technol.**, v. 35, p. 715-719, 2002.

COLLET, L. S. F. C. **A influência da adição de caseinato de sódio sobre o escoamento e posterior recuperação estrutural do iogurte batido**. 2005. 105 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

COSTA, A. V.S; et al. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 209-226, 2013.

COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. **Biotecnologia e Nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer a qualidade dos alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel, 2003, p. 71-120.

CUSACK, D. Quinoa: grain of the Incas. **Ecologist**, v. 14, p. 21-31, 1984.

DALLAGNOL, A. M.; et al. Fermentation of quinoa and wheat slurries by *Lactobacillus plantarum* CRL 778: proteolytic activity. **Appl Microbiol Biotechnol.**, v. 97, n. 7, p. 3129-3140, abr. 2013.

DAMODARAN, S. Amino Acids, Peptides, and Proteins. In: FENNEMA, O.R. 3ed. **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996, p.321-323.

DIAS, M. C. **Utilização de diferentes substratos e culturas lácteas comerciais empregadas na produção de bebidas lácteas**. 2008. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, p. 42-50, 2008.

DINHEIRO RURAL. **Quinoa a peso de ouro**. out. 2012. Disponível em: <<http://revistadinheiorural.terra.com.br/secao/agronegocios/quinoa-peso-de-ouro>>. Acesso em 13 jan. 2014..

FERREIRA, C. L. L. F. **Produtos lácteos fermentados: Aspectos Bioquímicos e Tecnológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2008, p.46-86.

GAUCHE, C.; et al. Physical properties of yogurt manufactured with milk whey and transglutaminase. **LWT - Food Science and Technology**, Zurich, v. 42, n. 1, p. 239-243, 2009.

GHASEMI, M.; et al. Effect of different media on production of lactic acid from whey by *Lactobacillus bulgaricus*. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 81-84, 2009.

HALL, P.A.; et al. **Compendium of methods for microbiological examination of foods**. 4ed. Washington: APHA - American Public Health Association, 2001, p. 201-207.

HARTE, F.; et al. Low fat set yogurt made from milk subjected to combinations of high hydrostatic pressure and thermal processing. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, p. 1074-1082, 2003.

HAULY, M. C. O.; FUCHS R. H. B.; PRUDENCIO-FERREIRA. S. H. Suplementação de iogurte de soja com frutooligossacarídeos: características probióticas e aceitabilidade. **Rev. Nutr., Campinas**, v.18, n.5,p. 613-622, 2005.

HENRIKSEN, C.; et al. Nutrient intake among two-year-old children on cow's milk-restricted diets. **Acta Paediatrica**, v. 89, p. 272-278, 2000.

HERBERT, E.M.; RAYA, R.R.; DE GIORI, G.S. Nutricional requirements and nitrogen-dependent regulation of protease activity of *Lactobacillus helveticus* CRL 1062. **Appl. Microbiol.**,v.66,p.5316-5321, 2000.

HERIAN, A. M.; TAYLOR, S. L.; BUSH, R. K. Identification of soybean allergens by immunoblotting in sera from soy-allergic adults. **Intl. Arch. Allergy Appl. Immunol.**, v. 92, p. 193-198, 1990.

HOFFMAN, D.R.; et al. Impact of Early Dietary Intake and Blood Lipid Composition of Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids on Later Visual Development. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 21, p. 540-553, 2000.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institution of Chemical Engineers**, London, v. 71, part C, p. 139-179, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

JACOBSEN, S. E.; SHERWOOD, S. Cultivos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. **Quito: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS)**. 2002.

JAY, James M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, p.134.

KAWAGUTI, H. Y.; SATO, H.H. Tecnologia das fermentações. In: PASTORE, G.M.; BICAS, J.L.; JUNIOR, M.R.M. **Coleção Ciência, Tecnologia, Engenharia de Alimentos e Nutrição v.12 (Biotecnologia de Alimentos)**. São Paulo: Editora Atheneu, 2013, p.60-67.

KOBLITZ, Maria G. B. **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan LTDA, 2010, p.19-28.

LACERDA, T. H. M.; et al. Preparação de bebidas lácteas empregando fermentação contínua e descontínua, utilizando como substrato diferentes concentrações de soro de queijo e otimização de dados de fermentação. **In: 4º Congresso de Pesquisa de Pesquisa Unimep, 2005**. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/164.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014.

LEBENTHAL, E. Small intestinal disaccharidase deficiencies *Pediatr. Clin. North. America*, v. 22, p. 757-766, 1975.

LIN, M.; SLAVIANO, D.; HARLANDER, S. Influence of nonfermented dairy products containing bacterial starter cultures on lactose maldigestion in humans. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 87-95, 1991.

LOURENS-HATTINGH, A.; VILJOEN. B.C. Yoghurt as probiotic carrier food. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 1-17, 2001.

LUCA, C. Improvement of yoghurt quality: Lactic acid bacteria and proteolysis of nitrogenous compounds. **Dairy sci. Abstr**, v. 36, p. 633, 1974

LUCIA, S. M. D.; MININ, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. **Análise sensorial de alimentos**. In: MINIM, V.P.R. 2ed. Viçosa: Editora UFV, 2010, p.13-15.

MAGMA. Dairy products. **Food Structure 1982-1993**. Disponível em: <[http://www.magma.ca/~scimat/FoodStruct\\_1982-93.htm](http://www.magma.ca/~scimat/FoodStruct_1982-93.htm)>. Acesso em: 03 set. 2014.

MALKIN, A. Y. **Rheology Fundamentals**. Fundamental topics in rheology. Toronto: ChemTec Publishing, 1994, p. 120-121.

MARET, R.; SOZZI, T.; BOHREN, H. Proteolytic activity of different strains of lactic acid bacteria. **Int. Dairy Congr.** 19<sup>th</sup>, v. 1E, p. 371, 1974.

MAZZA, G.; GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; PAREDES-LÓPEZ, O. **Alimentos funcionales**. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA, S.A., 1998, p.291-302.

MILLER, D. D. Minerals. In: FENNEMA, O.R. 3ed. **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996, p.618

MILLER, I.; MARTIN, H.; KINDLER, O. Spectrum of amino acids in yoghurt. **Milchwissenschaft**, v. 19, p. 18, 1964.

MONTEIRO, Antonio Roberto G. **Introdução à Análise sensorial de alimentos**. Maringá: Eduem – Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2005, p.28-30.

MULLER, H.G. **Introduccion a La reologia de los alimentos**. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1977, p. 174.

NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. 3ed. **Food Chemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996, p. 226-227.

NG, SUE-C; et al. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Food Chemistry**, v. 101, p. 185-192, 2007.

OGAWA , T.; et al Investigation of the IgE-binding proteins in soybeans by immunoblotting with the sera of the soybean-sensitive patients with atopic dermatitis. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.**, v. 37, p. 555-565, 1991.

OSHODI, A. J. L.; OGUNGENLE, H. L.; OLADIMEJI, N.O. Chemical Composition, Nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Perntiisetim typhoids*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours, 1999. In: ARENDT, E.K.; DAL BELLO, F. **Gluten-Free Cereal (Products and Beverages)**. London: Ed. Elsevier, 2008, p.163.

PADH, H. Vitamins for optimal health. In: GOLDBERG,I. **Functional Foods, Designer Foods, Pharmafoods and Nutraceuticals**. New York, USA: Chapman & Hall.1994, p.261-293.

PARKIN, K. L. Enzimas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, p.285-291.

PEREIRA, P. B.; SILVA, C.P. Alergia a proteína do leite de vaca em crianças: repercussão da dieta de exclusão e dieta substitutiva sobre O estado nutricional. **Pediatria**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 100-106, 2008.

PITONDO, P. B. Do campo para o copo. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, n. 171, p. 12-16, 2008.

PRUDÊNCIO, E. S.; BENEDET, H.D. Aproveitamento do soro de queijo na obtenção de extrato hidrossolúvel de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 19, n. 1, p. 97-101, 1999.

ROBINSON, R. K.; TAMIME, A. Y. Yogurt: a review of the product and its manufacture. **Journal of the society of Dairy Technology**, v. 28, n. 3, p. 149-163, 1975.

ROISSART, H.; LUQUET, F.M. Bactéries Lactiques: aspects fondamentaux et technologiques. **Saint George: Lorica**, v. 2, p. 614, 1997.

SABOYA, L.V.; OETTERER, M.; OLIVEIRA, A.J. Propriedades profiláticas e terapêuticas de leites fermentados: uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 2, p.176-185, 1997.

SACCARO, D. M.; **Efeito da associação de culturas iniciadoras probióticas na acidificação, textura e viabilidade em leite fermentado**. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2008.

SAHI, T. Hypolactasia and lactase persistence. Historical review and the terminology. **Scand J. Gastroenterol**, v. 29 (Suppl.), n. 202, p. 1-6, 1994.

SAMPSON, H. A. Update on food allergy. **J. Allergy Clin. Immunol**, v. 113, n. 5, p. 805-819, 2004.

SANTOS, R. L. B. **Estudos iniciais para o cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) no Cerrado**. 1996. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 2 ed. São Paulo: Artiber, 2006, p. 232.

SCIENCE DAILY. **Alternative to yogurt**. jan. 2014. Disponível em: <[http://www.sciencedaily.com/releases/2014/01/140103085356.htm?utm\\_source=feedburne..](http://www.sciencedaily.com/releases/2014/01/140103085356.htm?utm_source=feedburne..)>. Acesso em: 01 set. 2014.

SEGURA-NIETO, M.; et al. Biochemistry of amaranth proteins, 1994. In: MAZZA, G.; GUZMÁN-MALDONADO, S.H.; PAREDES-LÓPEZ, O. **Alimentos funcionales**. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA, S.A., 1998, p. 291-302.

SICHERER, S. H.; SAMPSON, H.A. Food allergy. **J. Allergy Clin. Immunol**. v. 117, n. 2, p. 470-475, 2006.

SINCLAIR, C.G.; CANTERO, D. Fermentation modelling. In: MCNEIL, B.; HARVEY, L.M. (Ed.) **Fermentation a Practical Approach**. New York: IRL PRESS; Oxford University Press, 1990, p.65-112.

SOUZA, G. Fatores de qualidade de iogurte. **Coletânea do ITAL**, v. 21, n. 1, p. 20-27, 1991.

SPAGNUOLO, P.A.; et al. Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 371-377, 2005.

SPEHAR, C. R. Utilização da quinoa como alternative para diversificar alimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2002, Uberlândia, MG. [Anais]. Uberlândia: **Colégio Brasileiro de Nutrição Animal**: UFU, p.49-58, 2002.

SPEHAR, C. R.; et al. **Quinoa – Alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007, p.21-97.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P.I.M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central, 1993. In: SPEHAR, C.R.; SANTOS, R.L.B.; VELOSO, R.F.; CARVALHO, W.P.; ANDRADE, S.C. **QUINOA – Alternativa para a diversificação agrícola e alimentar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007, p.21-97.

SPREER, E.; MIXA, A. Milk and dairy product technology. New York: Marcel Dekker. **Food Science and Technology**, v. 84, p. 483, 1998.

TAMIME, A.Y.; ROBINSON, R.K. **Yoghur: Science and Technology**. Boca Raton: CRC Press, FL, 2000, p.197-202.

TAMIME, A. Y.; ROBINSON, R. K. **Yogurt: Science and Technology**. Oxford: Pergamon Press, 1989, p. 431.

TRINDADE, C. S.; et al. Development and sensory evaluation of soy milk based yoghurt. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, n.1, 2001.

VOGEL, F. **Genética Humana: Problemas e abordagens**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

WALSTRA, P.; et al. **Dairy Technology**: principles of milk properties and processes. New York: Marcel Dekker, 1999. 727 p.

WISEMAN, A.; WOODS, L.; RIDGEWAY, T. Bioprocessing to generate ‘multifunctional’ foods? **Trends in Biotechnology**, v. 19, p. 89-90, 2001.

XAVIER, B. M.; BICAS, J. L. Bioquímica Microbiana. In: PASTORE, G.M.; BICAS, J.L.; JUNIOR, M.R.M. **Coleção Ciência, Tecnologia, Engenharia de Alimentos e Nutrição v.12 (Biotecnologia de Alimentos)**. São Paulo: Editora Atheneu, 2013, p. 43.

YU, J.H.; NAKANISHI, T. Studies on the production of flavor constituents by various lactic acid bacteria. IV Effect of milkfat on production of free amino acids by various lactic acid bacteria. **Jpn. J. Dairy Sci.**, v. 74, A63, 1975.

ZANIN, G. M.; F. F. MORAES. Tecnologia de Imobilização de Células e Enzimas Aplicada à Produção de Álcool de Biomassas. **Relatório**, n. 2, p. 315-321, 1987.

## ANEXOS

### ANEXO A – FICHA SENSORIAL PREENCHIDA PELOS AVALIADORES

NOME: .....

DATA:.....

Você está recebendo três amostras de bebida fermentada a base de quinoa. Inicialmente identifique as amostras recebidas. Em seguida, avalie cada uma delas da esquerda para a direita, quanto aos atributos cor, sabor, aroma, textura e avaliação global de acordo com as notas de 1 a 9 atribuídas à escala hedônica descrita abaixo.

Número da Amostra: .....

Cor	Sabor	Aroma	Textura	Avaliação Global

Número da Amostra: .....

Cor	Sabor	Aroma	Textura	Avaliação Global

Número da Amostra: .....

Cor	Sabor	Aroma	Textura	Avaliação Global

#### Escala hedônica

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei levemente
5. Indiferente
4. Desgostei levemente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

## **ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) ASSINADO POR TODOS OS AVALIADORES**

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada Produção de bebida fermentada a partir de quinoa, que faz parte do programa de pós-graduação em Engenharia Química e é orientada pelo prof. Flávio Faria de Moraes, PhD da Universidade Estadual de Maringá - UEM. O objetivo da pesquisa é avaliar as características sensoriais das bebidas desenvolvidas e assim, atribuir notas de acordo com seu julgamento. Para isto a sua participação é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: você experimentará 3 formulações diferentes da bebida e atribuirá notas de 1 a 9 (de acordo com a tabela descrita na avaliação) para os 4 quesitos solicitados, cor, aroma, sabor e textura para cada uma das amostras. No intervalo de degustação de cada amostra, pedimos que consuma uma pequena quantidade de água, para que não haja comprometimento na avaliação da amostra seguinte. Informamos que poderão ocorrer possíveis desconfortos devido ao fato de que o produto talvez não seja agradável ao seu paladar. Contudo, as amostras são isentas de glúten, lactose e corantes artificiais.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Os benefícios esperados são a avaliação da aceitabilidade do produto sensorialmente, analisar os parâmetros que possuem menor aceitação do público, para que assim sejam desenvolvidas novas alternativas ao produto e estimar a aceitabilidade do produto no mercado. Caso você tenha mais dúvidas ou necessite maiores esclarecimentos, pode nos contatar nos endereços abaixo ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UEM, cujo endereço consta deste documento. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada, entregue a você.

Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você, como sujeito ou responsável pelo sujeito de pesquisa) de tal forma a garantir o acesso ao documento completo.

Eu,..... (nome por extenso do sujeito de pesquisa) declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em participar VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pelo Prof. Flávio Faria de Moraes

\_\_\_\_\_  
Assinatura ou impressão datiloscópica

Data:.....

Eu, Janayna Presa da Silva declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra- nominado.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

Data:.....

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com o pesquisador, conforme o endereço abaixo:

Nome: Flávio Faria de Moraes

Endereço: Av. Colombo, 5790 – Departamento de Engenharia Química, Bloco D-90.

e-mail: [ffmoraes@uem.br](mailto:ffmoraes@uem.br)

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM, no endereço abaixo:

COPEP/UEM

Universidade Estadual de Maringá.

Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM.

Bloco da Biblioteca Central (BCE) da UEM.

CEP 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3261-4444

E-mail: [copep@uem.br](mailto:copep@uem.br)

## ANEXO C – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
MARINGÁ



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Produção de bebida fermentada a partir de extrato de quinoa (Chenopodium quinoa Willd).

**Pesquisador:** Flavio Faria de Moraes

**Área Temática: Versão:** 1

**CAAE:** 36449914.0.0000.0104

**Instituição Proponente:** CTC - Centro de Tecnologia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 856.280

**Data da Relatoria:** 06/10/2014

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pesquisa proposto por pesquisador vinculado à Universidade Estadual de Maringá.

#### Objetivo da Pesquisa:

Avaliar a aceitação do produto obtido a base de quinoa para assim avaliar a possível viabilidade comercial e aceitação do ponto de vista sensorial.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Avalia-se que os possíveis riscos a que estarão submetidos os sujeitos da pesquisa serão suportados pelos benefícios apontados.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Para que haja aceitação do alimento pelos possíveis consumidores é necessária etapa de avaliação sensorial do produto. O produto a ser testado é confeccionado de acordo com as Boas Práticas de fabricação. Serão confeccionadas 3 formulações com aspectos e sabores diferentes e avaliadas sob os aspectos cor, sabor, aroma e textura. Os aspectos serão pontuados e analisados por programa estatístico.

#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta Folha de Rosto devidamente preenchida e assinada pelo responsável institucional.

**Endereço:** Av. Colombo, 5790, UEM-PPG

**Bairro:** Jardim

Universitário

**CEP:**

87.020-900

**UF:** PR **Município:** MARINGÁ

**Telefon**

**Fax:** (44)3011-

**e:** (44)3011-44444518

**E-mail:** [copep@uem.br](mailto:copep@uem.br)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
MARINGÁ



Continuação do Parecer: 856.280

O cronograma de execução é compatível com a proposta enviada. Descreve gastos sob a responsabilidade do pesquisador. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido contempla as garantias mínimas preconizadas. Apresenta as autorizações necessárias.

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá é de parecer favorável à aprovação do protocolo de pesquisa apresentado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Face ao exposto e considerando a normativa ética vigente, este Comitê se manifesta pela aprovação do protocolo de pesquisa em tela.

MARINGÁ, 03 de Novembro de 2014

\_\_\_\_\_  
**Assinado por: Ricardo Cesar Gardiolo (Coordenador)**

**Endereço:** Av. Colombo, 5790, UEM-PPG

**Bairro:** Jardim

Universitário

**CEP:**

87.020-900

**UF:** PR

**Município:** MARINGÁ

**Telefon**

**Fax:** (44)3011-

**e:** (44)3011-44444518

**E-mail:** copep@uem.br