



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjuntos no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade.

Luan Ícaro Freitas Pinto

Tecnólogo em Alimentos

**FORTALEZA - CEARÁ
2015**

Luan Ícaro Freitas Pinto

Acerola (Malpighia emarginata DC) e Abacaxi (Ananas comosus L. Merrill) como adjuntos no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Processamento de Alimentos de Origem Vegetal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Dorasílvia Ferreira Pontes.

**FORTALEZA - CEARÁ
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- P728a Pinto, Luan Ícaro Freitas.
Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade / Luan Ícaro Freitas Pinto. – 2015.
87 f. : il., color. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Processamento de Alimentos de Origem Vegetal.
Orientação: Profa. Dra. Dorasílvio Ferreira Pontes.
1. Alimentos - Análise. 2. Análise sensorial. 3. Cerveja. I. Título.

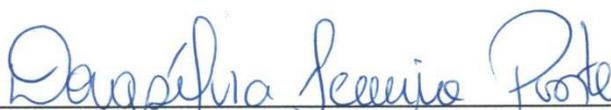
Luan Ícaro Freitas Pinto

Acerola (Malpighia emarginata DC) e Abacaxi (Ananas comosus L. Merrill) como adjuntos no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade.

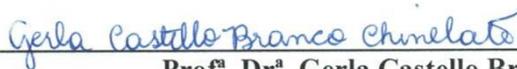
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará para a obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Dissertação aprovada em: *30 de Janeiro de 2015*

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Dorasilvia Ferreira Pontes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará - UFC



Prof.^a. Dr.^a. Gerla Castello Branco Chinelate
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE



Dr.^a. Neuma Maria de Souza Pinheiro
Universidade Federal do Ceará – UFC

“Pude enxergar além, pois me apoiei nos ombros de gigantes.”

Isaac Newton

*Aos meus pais, **Leivilene e Hermes** e
aos meus irmãos **Lucas e Luís**, pelo
exemplo e apoio, **dedico este
trabalho!***

AGRADECIMENTOS

À Deus, o dono de toda honra e toda a glória, agradeço por me motivar, proporcionar sabedoria, força e alegria para nunca desanimar frente aos percalços na realização desse projeto.

Aos meus amados pais, Hermes Domingos e Leivilene Freitas, pelo amor, carinho, dedicação, paciência, coragem e por estarem ao meu lado sempre, em todas as situações mesmo que em pensamento com seus conselhos e exemplos. Obrigado!

Ao meu tio e mentor, Lindegilson Freitas, meus avos, Marlene Freitas e Luis Flor, pelas palavras de carinho, apoio e as oportunidades que me proporcionaram ao longo desta vida de realizações.

Aos meus Irmãos Lucas Italo, Luís Eduardo e Lailson Flor, pela paciência, amizade e compreensão da minha ausência nesse período. A Larissa Freitas pela paciência, apoio, carinho, compreensão e pelas palavras de conforto.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Tecnologia de Alimento e ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, onde passei bons momentos e com certeza terei belas histórias para contar.

À FUNCAP, pelo apoio financeiro concedido durante a realização do mestrado.

À orientadora, amiga, Prof^a Dorasílvio Ferreira Pontes, da Universidade Federal do Ceará, pela paciência, disponibilidade, auxílio e principalmente pelos ensinamentos que levarei comigo por toda a vida.

Aos Professores, Maria do Carmo Passos Rodrigues, Elisabeth Mary Cunha da Silva, Suzana Claudia Silveira Martins, Gerla Castello Branco Chinalate, Claudio Ernani Mendes da Silva, Maria Lúcia Nunes, Suely Rodrigues, José Maria Correia da Costa, Lucicléia Barros Torres de Vasconcelos, pelos ensinamentos, colaboração indispensáveis para a realização e conclusão deste trabalho. Ao Professor Daniel da Silva Pereira - UFS, pelos conselhos e por ter me mostrado que sempre existe uma luz.

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em especial ao José Pereira, Paulo Mendes, Luis Gonzaga e Teresa de Aguiar Freitas, por toda amizade e apoio. Aos técnicos do Laboratório de Cereais Rejane Dias e José de Augusto pela amizade, dedicação, atenção e os ensinamentos do jeito MacGyver de ser. À Neuma Pinheiro, Luiz Bitu, Rosy, Val e Vandira por suas imensas contribuições para a realização e conclusão deste projeto.

Aos amigos de Rafael e Edilberto por toda dedicação, apoio, paciência, sabedoria, companheirismo, enfim os bons momentos que passamos juntos na realização desse projeto. Obrigado por acreditar nessa ideia.

Aos amigos de mestrado, em especial a Irene, Janaina, Marcos, Livia, Darmia, Kelvi e Gleice pelo apoio, amizade e por acreditar que o mundo pode ser um lugar melhor.

Aos amigos de laboratório Simone Carvalho, Evellheyne Rebouças, Ana Carolina, Mayara Coelho, Bianca Carvalho, Sarah Saraiva e Carlos Barreto por toda dedicação, paciência e apoio durante a realização deste e de outros trabalhos.

A todos os familiares e amigos que de maneira direta ou indireta me auxiliaram nessa empreitada, o meu muito obrigado!

RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo. Seu consumo está associado a festividades e comemorações, sendo reconhecida pelos seus consumidores como uma bebida com alto valor calórico. Entretanto, essa bebida contém uma variedade de compostos bioativos, vitaminas e minerais, capazes de promover benefícios quando a sua ingestão é feita de maneira moderada. O mercado está a cada dia buscando produtos diferenciados e até exclusivos, surge assim o campo das cervejas artesanais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma cerveja artesanal com acerola e abacaxi e estudar suas características físico-químicas e sensoriais, pois traz uma nova alternativa neste nicho de mercado, além da associação ao aumento de suas características funcionais. Foi utilizado o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para o desenvolvimento dos tratamentos, onde a variação do percentual de adição de suco de fruta de acerola e abacaxi variou em níveis de 5 a 25% do volume total da cerveja. O DCCR incluiu onze ensaios: quatro pontos fatoriais, quatro axiais e três repetições no ponto central. Os resultados do DCCR foram analisados através da Metodologia de Superfície de Resposta (MSR), tendo como variáveis resposta os parâmetros físico-químicos e sensoriais. Para a avaliação estatística foi aplicada a análise de variância, teste de Tukey e análise de regressão. O processamento ocorreu em escala laboratorial. As polpas foram caracterizadas através de análises físico-químicas e em seguida fez-se a adição do suco durante o processo de maturação que ocorreu simultaneamente ao processo de *primming* em garrafas de vidro âmbar de 355 mL. Os resultados do teor de açúcares, ácidos totais e pH das polpas de frutas apresentaram satisfatórios sendo considerados adequados para o processo de maturação. Os resultados dos testes físico-químicos mostraram resultados semelhantes em todos os tratamentos, sendo que o fator adição de suco de frutas foi diretamente proporcional a parâmetros como acidez e pH, e inversamente proporcional a parâmetros como teor alcoólico, extrato real, extrato aparente e extrato primitivo. Os testes microbiológicos resultaram em uma contagem mínima para coliformes totais, termotolerantes e bolores e leveduras, adequando-se aos padrões estabelecidos pela legislação para cerveja, mostrando assim a eficiência do controle do processo, garantindo a qualidade do produto. As médias dos atributos sensoriais de todas as amostras apresentaram-se fora da faixa de rejeição, com destaque para as amostras 5 e 8, as quais possuem maiores teores de suco de abacaxi. Os resultados das superfícies de resposta mostraram que adições de até 16% de ambas as polpas ou adições de elevadas concentrações de abacaxi (até 28%) em conjuntos com baixas concentrações de acerola (até 6%) mostram uma maximização dos atributos sensoriais. Concluiu-se que a utilização das polpas de abacaxi e acerola como adjuntos no processamento de cerveja mostrou-se uma alternativa viável devido aos resultados satisfatórios na avaliação sensorial, além de características físico-químicas que comprovaram uma cerveja artesanal com características ácida/frutada.

Palavras-chave: Análise sensorial; Cerveja; Delineamento Composto Central Rotacional; Frutas Tropicais; Maturação.

ABSTRACT

Beer is the most consumed alcoholic beverage in the world. Its consumption is associated with festivities and celebrations, being recognized by its customers as a beverage with high caloric value. However, this beverage contains a variety of bioactive compounds, vitamins and minerals that promote benefits when its intake is made moderate manner. The market is every day looking for different and even unique products, thus arises the field of craft beers. The objective of this study was to develop a craft beer with acerola and pineapple and study their physicochemical and sensory characteristics, as it brings a new alternative in this niche market, besides the association with increased its functional characteristics. We used the rotational central composite design (CCRD) for the development of treatments where the variation of the percentage of addition of the acerola fruit juice and pineapple varied at levels of 5 to 25% of the total volume of beer. The CCRD included eleven trials: four factorial points, four axial and three repetitions at the central point. The results of the CCRD were analyzed using the Response Surface Methodology (RSM), with the response variable physico-químicos and sensory parameters. For statistical analysis was applied to analysis of variance, Tukey test and regression analysis. Processing took place in laboratory scale. The pulps were characterized by physical-chemical analysis, and then made by the addition of juice during the process of maturation that occurred simultaneously with primming process amber glass bottles of 355 ml. The results of the sugar content, total acids and pH of fruit pulps showed satisfactory being considered suitable for the maturation process. The results of physicochemical tests showed similar results in all treatments, and the factor adding fruit juice was directly proportional to parameters such as acidity and pH, and inversely proportional to parameters such as alcohol, real extract, apparent extract and extract primitive. Microbiological testing resulted in a minimum count of coliforms, thermotolerant and molds and yeasts, adapting to the standards set by law for beer, showing the process control efficiency, ensuring product quality. The means of the sensory attributes of all samples showed up outside the stopband, especially for samples 5 and 8, which have higher pineapple juice content. The results of the response surface showed that addition of up to 16% of both pulps pineapple or additions of high concentrations (up to 28%) in groups with low concentrations of acerola (up to 6%) show a maximization of sensory attributes. It was concluded that the use of pineapple pulp and acerola as adjuncts in the beer processing proved to be a viable alternative due to satisfactory results in sensory evaluation, and physical and chemical characteristics that proved a craft beer with acidy/fruity characteristics.

Keywords: sensory analysis; beer; Rotational Central Composed design; Tropical fruits; Maturation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fatias de mercado das empresas cervejeiras no Brasil em 2011.	15
Figura 02 – Coloração de maltes cervejeiros.	24
Figura 03 – Fluxograma de obtenção de polpa de fruta	36
Figura 04 – Fluxograma de elaboração de Cerveja de Acerola e Abacaxi.	37
Figura 05 – Programação de tempo e temperatura no processo de mosturação por infusão	38
Figura 06 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor alcoólico das cervejas.	50
Figura 07 - Superfície de resposta e curva de contorno da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o extrato primitivo das cervejas.	51
Figura 08 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o Extrato Aparente das cervejas.	53
Figura 09 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola no Extrato Real das cervejas.	54
Figura 10 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o pH das cervejas.	56
Figura 11 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre a acidez total das cervejas.	57
Figura 12 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola na Acidez Volátil das cervejas.	59
Figura 13 – Efeito da polpa de abacaxi e acerola na Acidez Fixa das cervejas.	60
Figura 14 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre os sólidos solúveis totais das cervejas.	62
Figura 15 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares totais das cervejas.	63
Figura 16 – Efeito da adição das polpas de abacaxi e de acerola sobre o teor de açúcares redutores das cervejas.	65
Figura 17 - Efeito da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares não-redutores das cervejas.	66
Figura 18 – Efeito da adição das polpas de abacaxi e de acerola sobre o teor de cinzas das cervejas.	68
Figura 19 – Superfície de resposta do efeito da polpa de abacaxi e de acerola sobre a cor das cervejas.	71
Figura 20 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o aroma das cervejas.	73
Figura 21 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o sabor das cervejas.	74
Figura 22 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola no corpo das cervejas.	76
Figura 23 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre a Aceitação global das cervejas.	77
Figura 24 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola na intenção de compra das cervejas.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Composição de nutrientes contidos na acerola in natura (%).	19
Tabela 02. Composição de nutrientes contidos na abacaxi in natura	21
Tabela 03. Composição do grão de cevada e malte.	23
Tabela 04. Composição química do lúpulo em flor.	26
Tabela 05 – Variáveis e níveis do planejamento experimental completo 2 ² .	36
Tabela 06 - Matriz do delineamento experimental com valores codificados (X_1 e X_2) e reais (x_1 e x_2).	36
Tabela 07. Valores Físico-químicos das polpas de acerola e abacaxi.	45
Tabela 08. Resultados médios e teste de tukey para os parâmetros físicos-químicos da cerveja adicionada de acerola e abacaxi.	46
Tabela 09. Resultados médios e teste de tukey para os parâmetros físicos-químicos da cerveja adicionada de acerola e abacaxi.	48
Tabela 10. Coeficientes de regressão para a resposta Teor Alcoólico.	49
Tabela 11. ANOVA para a resposta Teor Alcoólico.	49
Tabela 12. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Primitivo.	50
Tabela 13. ANOVA para a resposta Extrato Primitivo.	51
Tabela 14. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Aparente.	52
Tabela 15. ANOVA para a resposta Extrato Aparente.	52
Tabela 16. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Real.	53
Tabela 17. ANOVA para a resposta Extrato Real.	54
Tabela 18. Coeficientes de regressão para a resposta pH.	55
Tabela 19. ANOVA para a resposta pH.	55
Tabela 20. Coeficientes de regressão para a resposta acidez total.	56
Tabela 21. ANOVA para a resposta acidez total.	57
Tabela 22. Coeficientes de regressão para a resposta Acidez Volátil.	58
Tabela 23. ANOVA para a resposta Acidez Volátil.	58
Tabela 24. Coeficientes de regressão para a resposta acidez fixa.	59
Tabela 25. ANOVA para a resposta acidez fixa.	60
Tabela 26. Coeficientes de regressão para a resposta sólidos solúveis totais (SST).	61
Tabela 27. ANOVA para a resposta sólidos solúveis totais (SST).	61
Tabela 28. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Totais.	62
Tabela 29. ANOVA para a resposta Açúcares Totais.	63
Tabela 30. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Redutores.	64
Tabela 31. ANOVA para a resposta Açúcares Redutores.	64
Tabela 32. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Não-redutores.	65
Tabela 33. ANOVA para a resposta Açúcares Não-redutores.	66
Tabela 34. Coeficientes de regressão para a resposta teor de cinzas.	67
Tabela 35. ANOVA para a resposta teor de cinzas.	67
Tabela 36. Resultados microbiológicos da cerveja	68
Tabela 37. Valores médios dos atributos sensoriais das cervejas e teste de tukey.	69
Tabela 38. Coeficientes de regressão para a resposta Cor.	70
Tabela 39. ANOVA para a resposta Cor.	71
Tabela 40. Coeficientes de regressão para a resposta Aroma.	72
Tabela 41. ANOVA para a resposta Aroma.	72
Tabela 42. Coeficientes de regressão para a resposta Sabor.	73
Tabela 43. ANOVA para a resposta Sabor.	74
Tabela 44. Coeficientes de regressão para a resposta Corpo.	75
Tabela 45. ANOVA para a resposta Corpo.	75
Tabela 46. Coeficientes de regressão para a resposta Aceitação Global.	76
Tabela 47. ANOVA para a resposta Aceitação Global.	77
Tabela 48. Coeficientes de regressão para a resposta Intenção de Compra.	78
Tabela 49. ANOVA para a resposta Intenção de Compra.	78

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Mercado Cervejeiro	14
2.2 Cervejas Artesanais	15
2.3 Acerola e suas características	18
2.4 Abacaxi e suas características	20
2.5 Ingredientes do processo cervejeiro	21
2.6 Processamento da cerveja	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Matérias-primas	35
3.2 Caracterização das polpas de fruta	35
3.3 Planejamento Experimental	36
3.4 Processamento da Cerveja	37
3.5 Análises físico-químicas e químicas na Cerveja	39
3.6 Análises Microbiológicas	42
3.7 Análise Sensorial	43
3.8 Avaliação Estatística	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 Análises Físico-químicas e químicas das polpas de fruta	45
4.2 Avaliação Físico-química e química das Cervejas processadas com acerola e abacaxi	46
4.3 Avaliação Microbiológica das Cervejas processadas com acerola e abacaxi	68
4.4 Avaliação Sensorial das Cervejas processadas com acerola e abacaxi	69
5 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	81
ANEXO	

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo, estando presente na alimentação humana desde 8000 a.C.. Têm grande aceitação popular devido aos seus atributos sensoriais, junto com seus benefícios a saúde, valor nutritivo e diversidade de apresentação (BAMFORTH, 2009).

O mercado brasileiro de cervejas tem ganhado destaque na última década, se fixando entre os quatro maiores do mundo, juntamente com China, Estados Unidos e Alemanha. A cerveja tipo *Pilsen* é líder absoluta de preferência entre o consumidor brasileiro, correspondendo a 98% do total consumido. A tendência do mercado cervejeiro brasileiro é a segmentação, pois os consumidores estão mais interessados em experimentar produtos diferenciados. Assim, os diversos tipos de cerveja existentes estão mais acessíveis, e os fabricantes são estimulados a produzir e disponibilizar inúmeras variações da bebida no mercado, buscando atender esse novo desejo do consumidor (SICOBÉ, 2014).

Apesar de a cerveja ser a bebida alcoólica mais consumida no país, pouco se conhece sobre seus benefícios dos seus componentes. Essas propriedades são devido ao elevado teor de compostos antioxidantes, fibras, minerais e vitaminas (BAMFORTH, 2009).

O crescimento do número de microcervejarias brasileiras está no início e o mercado está se desenvolvendo. Entretanto, algumas pendências precisam ser resolvidas, como a falta de equipamentos de boa qualidade voltados para a pequena escala, carga tributária excessiva, burocracia dos órgãos fiscalizadores e legislação ultrapassada, dificuldade na aquisição de matérias-primas e, principalmente, a educação do consumidor, que contava com apenas um tipo de cerveja disponível no mercado e agora com vários para conhecer e apreciar (VENTURINI FILHO, 2010).

Em contrapartida existem cerca de 20 mil formulações de cervejas no mundo, essa grande variedade se deve a mudança na fabricação da bebida, em diversos processos, tais como os diferentes tempos e temperaturas utilizadas na mosturação, fermentação, maturação e o uso ingredientes diferenciados como milho, arroz, mel, frutas, mandioca, trigo, etc (SOARES, 2011).

Alguns países já disponibilizam cervejas de frutas ou *fruitbeers*, com diversos sabores, como banana, coco, frutas vermelhas, mirtilo, morango, ameixa, limão e etc, o que indica o grande potencial e diversidade desses ingredientes na elaboração de cervejas (BREJAS, 2014).

Os frutos contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, diversos compostos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (SEGTOEWICK, 2013). A utilização de frutas na cerveja garantem uma doçura residual, aroma e sabor cítrico e característico, aumenta o caráter vinoso à cerveja, por meio de uma maior gama de compostos aromáticos (KUNZE, 2006).

A utilização de frutas tropicais como adjunto no processo da cerveja vem de encontro a uma necessidade de mercado considerando a importância da cerveja no Brasil. A influência das condições de produção sobre a qualidade tecnológica e aceitação do produto, bem como o incremento da cadeia de frutas no país, faz com que o desenvolvimento de cervejas de frutas tropicais seja de vital importância. Com isso, o objetivo deste trabalho foi elaborar cerveja artesanal adicionada de acerola e abacaxi e realizar sua caracterização físico-química, química, microbiológica e sensorial de modo a atenda exigência dos consumidores em relação a qualidade do produto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mercado Cervejeiro

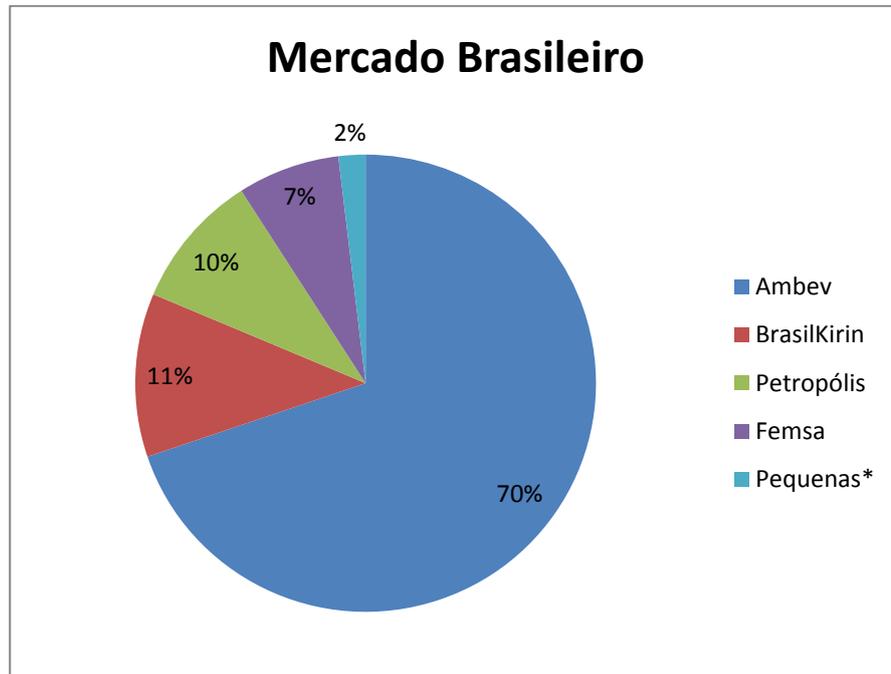
O processo cervejeiro está presente na alimentação humana, desde a formação de civilizações como os sumérios, babilônicos e assírios, pois os mesmos tinham sua alimentação a base de cereais a cerca de 8000 a.C.. Segundo SINDCERV (2014), a cerveja é uma bebida com uma grande aceitação popular isso porque virou uma questão cultural, além dos benefícios a saúde, por ser uma bebida saborosa, nutritiva e com uma diversidade de formas e apresentações que ajudam essa bebida a ser a mais difundida no mundo. Enquanto no Brasil as preferidas são as mais claras e leves.

O mercado brasileiro pode ser caracterizado em duas principais categorias: Grandes empresas, multinacionais, líderes de mercado, que produzem cervejas altamente populares, visam vendas em grandes volumes e atuam em todo o território nacional; e Pequenas empresas, que procuram preencher o nicho de mercado esquecido pelas grandes (nicho representado por consumidores que procuram cervejas de alta qualidade, bem como variedades de estilos), e atuam em mercados mais regionais, conhecidos como cervejarias artesanais ou microcervejarias (MATOS, 2012).

Os dois segmentos possuem importância ímpar para o país, pois enquanto por um lado as grandes empresas mostram força comercial, prestando um serviço de distribuição neste país de magnitudes continentais, enquanto as pequenas empresas garantem uma diversidade de mercado, aquecendo mercados regionais, entre outros.

O mercado cervejeiro contribui com 2% do PIB do Brasil, onde esses recursos são os motores de diversos municípios brasileiros, que vão desde a produção da cevada, maltaria até as fábricas, os centros de distribuição e toda rede que forma esse importante segmento do mercado nacional, gerando uma arrecadação de 21 bilhões em impostos e 2,7 milhões de empregos diretos e indiretos (SINDCERV, 2014).

Figura 1 – Segmentos de mercado das empresas cervejeiras no Brasil em 2011.



Fonte: Gondin (2011)

As pequenas empresas ou cervejarias artesanais foram consideradas todas aquelas que não detêm um segmento como as grandes líderes, ou seja, empresas com menor volume de vendas.

2.2 Cervejas Artesanais

As microcervejarias “modernas” ou microcervejarias artesanais surgiram na década de 80, com um movimento similar ao do exterior na década passada, com pequenas cervejarias surgindo sob a forma de pequenas indústrias ou pubs com seus próprios produtos. A primeira microcervejaria moderna brasileira foi a Bavarium Park, fundada em 1984. Posteriormente veio a cervejaria Scott Ashby, fundada em 1993 em São Paulo, mas os projetos de sucesso foram a Eisenbahn e a OPA Bier em Santa Catarina, Baden e Colorado de São Paulo e no nordeste temos a Draft Bier no estado do Ceará (MATOS, 2012).

Segundo Kalnin (1999) esse setor vem se consolidando como um segmento de mercado protegida, pois a intenção desses tipos de estabelecimentos não é concorrer diretamente com as poderosas líderes que conseguem trabalhar com preços muito baixos, mas

sim, atingir um tipo de consumidor diferente, que se importa com características sensoriais específicas da cerveja: cor, sabor, aroma, teor alcoólico, amargor, sabor residual, dentre outros.

Em 2006 havia cerca de 60 microcervejarias e em 2014 temos 206, ou seja, em quanto as grandes indústrias crescem em torno de 6% ao ano, as microcervejarias crescem 14%, esse fenômeno está sendo apelidado de “Revolução das Cervejas Artesanais” na mídia, e esses indicativos demonstram um mercado atraente que pode e deve ser mais bem explorado (ERTHAL, 2006; SINDCERV, 2014).

Em países como os Estados Unidos em 2006, o mercado de microcervejarias representava 2,7% de todo mercado de cerveja do país, onde cerca de 1500 indústrias, gerando 3,3 bilhões de dólares. Assim como nos EUA, na Europa as microcervejarias já têm um setor consolidado, com diversos estabelecimentos produzindo, servindo ou comercializado o próprio chope ou cerveja (ERTHAL, 2006).

Isso mostra como o setor tem um grande potencial de crescimento no mercado brasileiro, os estados brasileiros estão propícios aos investimentos em *craftbrewing*, onde se pode observar tanto a presença de microcervejarias, quanto a tradição de organizarem eventos e reuniões, como festivais, degustações, sindicatos, associações, entre outros.

Bezzi (2009) relata que parte do sucesso das microcervejarias no Brasil se deve ao aumento do poder de consumo da classe C, que se dá ao luxo de comprar produtos melhores e mais caros, bem como à conscientização das classes A e B, que hoje já estão mais abertas às novidades, entendendo que a cerveja pode ser uma bebida tão diversificada e fina quanto o vinho. Pois a mesma possui no mínimo equivalência sob a ótica nutricional no combate a doenças cardiovasculares (WRIGHT, 2008).

As microcervejarias utilizam um *marketing share* diferenciado para atrair seus consumidores, em contrapartida aos preços elevados de seus produtos, por exemplo, usar ingredientes tipicamente regionais, dar ênfase aos benefícios do produto, como os dá saúde, fazem alusão a primeira lei de processamento de alimentos (lei alemã de pureza de 1516 *Reinheitsgebot*), venda de cervejas “vivas” para os produtos não submetidos ao processo de pasteurização, alusão as leveduras presentes no produto, comparar estilos de cervejas a estilos de mulheres, usar inúmeros tipos de maltes, lúpulos e adjuntos (MATOS, 2012).

Para garantir qualidade as microcervejarias precisam oferecer produtos com matéria-prima de alto padrão de qualidade, o que eleva seus preços a uma faixa acima dos líderes de mercado, que utilizam adjuntos cervejeiros mais baratos, buscando baixar o custo de produção.

Sleiman et al (2010) constaram que das 161 amostras de cervejas avaliadas em seu trabalho, 95,6% utilizavam malte e adjunto cervejeiro, onde 91,3% utilizaram adjunto de milho ou cana, 4,3% apresentaram adjuntos de arroz e apenas 4,3% foram declaradas de “puro malte”. Os resultados do estudo mostram que os adjuntos cervejeiros estão presentes nas cervejas oriundas das maiores empresas cervejeiras do país, e fazem parte da estratégia de mercado, enquanto as microcervejarias, por sua vez, adotam outra estratégia no desenvolvimento de seus produtos.

Os consumidores apresentam maior tendência ao uso de alimentos considerados saudáveis, ocorrendo um aumento no consumo de bebidas à base de frutas e de extratos vegetais. As microcervejarias estão atentas para esse fato e buscam novos tipos de bebidas, sabores, nichos de mercado, além de melhorar a sua qualidade e popularizar seu consumo (BEZZI, 2009).

Cooper (2013) afirma que o desenvolvimento de produtos é de vital importância para a sobrevivência e o crescimento da maioria das empresas. Devido a fatores como desenvolvimento tecnológico, crescimento da concorrência externa, licenciamento de marcas importadas, competitividade do setor e exigência do consumidor, que apresenta novos valores de preferência, produtos estão em constante desenvolvimento e lançamento. A exigência do consumidor aumentou ao escolher entre os itens e marcas à sua disposição.

A demanda de desenvolvimento de novos produtos, o grau de exigência dos consumidores, a necessidade de estudos e pesquisas que apontem alternativas para o aproveitamento de matérias-primas regionais, com intuito de aumentar a economia regional e minimizar as perdas pós-colheita de frutas, são fatos que constatarem a relevância do estudo.

Este estudo propõe utilizar frutas tropicais, para o desenvolvimento uma formulação desejável de cerveja e assim disponibilizar uma alternativa de produto de alto valor agregado e com preço acessível ao consumidor.

Optou-se por utilizar frutas como a acerola e o abacaxi que possuem características que acoplam aspectos sensoriais desejáveis a cervejas, desenvolvidas em países de climas tropicais.

2.3 Acerola e suas características

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) é uma planta frutífera originada das Antilhas, norte da América do Sul e América Central que vêm apresentando boa adaptação em diversos países sendo, sobretudo, cultivada no Brasil, Porto Rico, Cuba e Estados Unidos (COSTA et al., 2013).

O fruto da aceroleira, acerola, é uma drupa, carnosa, variando tamanho e forma, sendo dividida em epicarpo (casca externa), mesocarpo (polpa) e o endocarpo (sementes). A aceroleira é uma planta de clima tropical, mas adapta-se em regiões de climas mais hostis, necessitando de temperaturas médias de 26°C com chuvas em média de 1600 mm, distribuídas ao longo do ano. Segundo Caetano (2010) o excesso de chuvas provoca a formação de frutos aquosos, menos ricos em vitamina C e açúcares.

A acerola tornou-se conhecida em meados dos anos 1950, mas sua produção em escala comercial começou em 1980. Por essa fruta ser uma expressiva fonte de vitamina C, atraiu o interesse de pesquisadores, extensionistas, produtores e empresários do agronegócio que passaram a investir não somente em culturas já consolidadas como o abacaxi, a banana, a laranja e o coco (FREITAS et al., 2006).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo (IBGE, 2013). Existem plantios comerciais em praticamente todos os estados brasileiros. Contudo, a região Nordeste, por suas condições de solo e clima, onde a acerola melhor se adapta (FREITAS et al., 2006).

Sua principal característica é a cor vermelha atrativa que se dá devido as antocianinas presentes na casca, como também carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C, que participam como antioxidantes no organismo (PRADO, 2009).

A composição química (Tabela 01), inclusive a distribuição de componentes do aroma, é dependente das espécies, condições ambientais e, também do estágio de maturação

da fruta. Outras características importantes para o desenvolvimento de uma cerveja são o teor de vitamina C, coloração, teor de sólidos solúveis totais e pH desta fruta, sendo que isto pode ser influenciado por diversos fatores, como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças, além da própria espécie e sua produtividade específica (NOGUEIRA et al., 2002).

Tabela 1 - Composição de nutrientes contidos na acerola *in natura*.

Nutrientes	Valor
Valor Calórico (kJ)	133,978 (32 kcal)
Carboidratos (g)	7,69
Lipídios (g)	0,3
Proteína (g)	0,4
Cálcio (mg)	12
Ferro (mg)	0,2
Magnésio (mg)	18
Fósforo (mg)	11
Potássio (mg)	146
Sódio (mg)	7
Vitamina C (mg)	1677,6
Tiamina (mg)	0,0020
Riboflavina (mg)	0,0060
Niacina (mg)	0,4
Vitamina A (UI)	767

Fonte: USDA, 2003.

A alta perecibilidade da acerola após a colheita e durante a comercialização, a manutenção das características sensoriais e nutritivas tanto da fruta como de seus derivados são os principais problemas encontrados no setor. Sendo que a comercialização da acerola “in-natura” limita-se às imediações das regiões produtoras. As principais formas de comercialização são na forma congelada e de produtos processados (MENEZES et al., 2009).

O valor nutritivo, com elevado conteúdo de vitamina C se sobrepõem sobre as demais frutas pela possibilidade de processamento, industrialização e armazenamento com a manutenção de valores de nutrientes ainda elevados. Vale ressaltar que o conteúdo de vitamina C varia de 800 a 2700 mg.100g⁻¹. Além desse composto a acerola possui fitoquímicos de importância fisiológica, como os carotenoides e as antocianinas (MENEZES et al., 2009; SILVA, 2008).

A acerola apresenta um grande potencial para industrialização, uma vez que pode ser consumida sob forma de compotas, geleias, sucos, bebidas fermentadas, goma de mascar, bombons, sorvetes, entre outros. No entanto, as formas mais comuns de apresentação deste fruto são in natura, polpa congelada e suco engarrafado (BATISTA, 2010).

2.4 Abacaxi e suas características

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) é uma planta monocotiledônea perene, pertencente à família Bromaliaceae. É uma das fruteiras mais cultivadas no país, onde as variedades Pérola e Smooth Cayenne são as mais difundidas, a primeira é responsável por 74% da produção nacional, com destaque aos estados do Paraíba e Pará, que são os maiores produtores.

Trata-se de uma planta de clima tropical, apresentando melhores taxas de crescimento e produção entre temperatura de 22° a 32°C, com amplitude térmica, entre o dia e a noite. É considerada uma planta bem adaptada em meios ácidos. A estrutura compõe-se de um caule curto e grosso ao redor do qual crescem as folhas em forma de calhas estreitas e rígidas, com um fruto que possui uma forma cilíndrica ou cônica com peso em torno de 1 a 3 Kg (VALENTE, 2007).

O abacaxi pertence ao seletivo grupo de frutas tropicais mais populares no país isso graças ao seu sabor e aroma característico. O fruto maduro apresenta em média 16,2 % de sólidos solúveis totais, 0,35 % de ácido cítrico, 5,06% de açúcares redutores, 15,01% de açúcares totais e pH igual a 4,15, modificadas de acordo com a variedade e o estágio de maturação. Esses valores levam o fruto do abacaxizeiro a possui uma característica favorável para processos fermentativos, como a produção de cerveja.

O fruto apresenta grande aceitação tanto pelos consumidores brasileiros quanto pelos estrangeiros, devido a suas características físico-químicas, têm sido a fruta cítrica mais

popular nos países tropicais e subtropicais, principalmente pelo seu atrativo sabor e aroma, contendo uma grande diversidade de vitaminas e sais minerais (ALMEIDA et al., 2004; THÉ et al., 2010). A composição química do abacaxi está apresentada na tabela 2.

A composição química das frutas varia de acordo com a época do ano em que são produzidas. A colheita de abacaxi é realizada ao longo do ano inteiro, porém a melhor safra ocorre no verão, de novembro a fevereiro, apresentando um fruto com maior teor de açúcares e menos ácido (BLEINROTH, 1987).

Tabela 2 - Composição de nutrientes contidos em abacaxi *in natura*.

Nutrientes	Valor
Valor Calórico (kJ)	48 kcal
Carboidratos (g)	12,3
Lipídios (g)	0,1
Proteína (g)	0,9
Umidade (%)	86,3
Cinzas (g)	0,4
Fibras (g)	1
Cálcio (mg)	22

Fonte : TACO, 2011.

2.5 Ingredientes do processo cervejeiro

Os ingredientes influenciam diretamente sobre a qualidade da cerveja, sendo assim, a qualidade da matéria-prima é muito importante para a geração de uma cerveja de qualidade. Segundo Almeida e Silva (2005) os ingredientes da cerveja são a água, malte de cevada, lúpulo, fermento e adjuntos.

2.5.1 Água

A água é uma das matérias-primas básicas, uma vez que cerca de 95% do peso da cerveja é constituído dela, além de ser indispensável para efetuar a limpeza, gerar calor e frio nas fabricas, totalizando todos essas operações tem-se um consumo médio de 4 a 10 litros de água para cada litro de cerveja. Por esse motivo, as indústrias cervejeiras localizam-se em regiões onde a composição da água é de boa qualidade (VENTURINI FILHO, 2010).

Esse componente deve apresentar requisitos básicos como a potabilidade, transparência, ausência de cor, odor, esta livre de qualquer sabor estranho, nitratos, metais pesados e amoníaco, pois a presença desses compostos dissolvidos influenciam diretamente os processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante o processamento da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

No entanto, se a água não for de boa qualidade ou não apresentar composição química adequada, poderá ser tratada por diferentes processos visando purificá-la e, se necessário, efetuar algumas modificações nos níveis de íons inorgânicos apresentados. Na fonte, a água deve apresentar alcalinidade máxima de 50 ppm, pH na faixa de 4 a 9 e possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio (VARNAM e SUTRELAND, 1997; VETURINI FILHO, 2010).

Além disso, a água deve assegurar um pH desejável pois garante uma mistura uniforme de malte e adjunto durante a mosturação, promove a extração dos componentes amargos e aromáticos do lúpulo, e causam uma boa coagulação do *trub* (resíduo) durante a fervura do mosto, a fim de permitir uma fermentação asséptica e desenvolver cor, aroma e sabor característicos do tipo de cerveja a ser fabricada (BERNSTEIN e WILLOX, 1977).

De acordo com Tschope (2001), em pequenas e microcervejarias a água utilizada no processo é proveniente de tratamentos municipais ou poços artesianos, e devem ser regularmente analisados quanto aos critérios de composição de qualidade.

2.5.2 O Malte

O malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada (*Hordeum vulgare* L.), devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem (BRASIL, 2009).

O termo técnico *malte* define a matéria-prima resultante da germinação, sob condições controladas, de qualquer cereal (cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo, triticale etc.). Deve-se levar em conta, entre outros fatores, seu poder diastásico e o seu valor econômico (VENTURINI FILHO, 2010).

O malte utilizado pelas cervejarias é geralmente obtido da cevada, gramínea cujos grãos em espigadas, alinhados em duas ou seis fileiras, são envoltos por diversas camadas celulósicas, sendo a primeira camada denominada de palha (eliminada durante o beneficiamento) e as outras aderentes ao grão são denominadas de casca (VENTURI FILHO, 2010). Segundo Janjar (2007) essa casca protege o grão naturalmente das influências atmosféricas danosas e possibilita, posteriormente, a formação de uma camada filtrante durante a clarificação do mosto (separação do bagaço).

Logo após a colheita, os grãos de cevada são armazenados em silos, em condições controladas de temperatura e umidade, sendo enviados para a Maltearia, onde a semente sofrerá um processo de germinação interrompida, em que o amido presente no grão será reduzido em moléculas menores, além de aumenta a taxa de síntese enzimática, deixando o grão com características ótimas para que ocorra a fermentação, onde o amido é convertido em açúcares e proteínas em aminoácidos (BEERLIFE, 2009).

Segundo Venturini Filho (2010), o processo de malteação é feito em quatro etapas básicas, a maceração, germinação, secagem e torrefação, onde cada uma tem sua importância para o processo e para a qualidade do malte. Na torrefação temos a diferenciação dos tipos de malte por sua coloração, de acordo com o tempo de exposição ao calor. A Tabela 3 apresenta valores importantes quanto a composição média do grão de cevada em comparação ao malte.

Tabela 3 - Composição do grão de cevada e malte.

Características	Cevada	Malte
Massa do Grão (mg)	32-36	29-33
Umidade (%)	10-14	4-6
Amido (%)	55-60	50-55
Açúcares (%)	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio Total (%)	1,8-2,3	1,8-2,3
Nitrogênio solúvel (% de N total)	10-12	35-50
Poder diastásico, °Lintner	50-60	100-250
A-amilase, unidades de dextrina	Traços	30-60
Atividade proteolítica	Traços	15-30

Fonte: Cereda (1985).

A principal função do malte é fornecer açúcares e nutrientes que servirão de substratos para a levedura, produzindo álcool, gás carbônico e outros subprodutos da fermentação (BEERLIFE, 2009). Além disso, a composição dos maltes utilizados na formulação de cerveja vai proporcionar aromas e sabores característicos, e tem grande influência na cor da bebida (Figura 2).

Segundo Venturini Filho (2005) o malte pode ser apresentado em grãos ou em extrato, seco ou líquido, onde os mesmos podem ser classificados como maltes-base e maltes especiais. Os maltes-base são a base da receita, enquanto os especiais conferem aroma, sabor e cor diferenciados a cerveja.

Figura 2 – Coloração de maltes cervejeiros



Fonte: Venturini Filho (2005)

Para a avaliação do potencial de maltagem da cevada devem ser analisadas algumas características, como: poder germinativo maior que 95% e o percentual de germinação (CARVALHO, 2007).

2.5.3 Lúpulo

O lúpulo, *Humulus lupulus*, é de difícil cultivo e típico de regiões frias; é dióptico, possui flores masculinas e femininas em plantas diferentes. Apenas as flores são de interesse, elas ficam agrupadas em cachos ou umbelas em várias dobras, formando uma bolsa onde são alojados os grânulos de lupulina, que encerra as substâncias de interesse cervejeiro responsáveis pelo amargor e aroma característicos da cerveja (TSHOPE,2001; VENTURINI FILHO, 2010).

Podendo ser comercializados na forma de flores secas (in natura), pellets ou em extratos, podendo ser classificado como lúpulos aromáticos e de amargor conforme suas características predominantes (SEIDL, 2003). Segundo Beerlife (2009) na atualidade existem varias maneiras de manipular o lúpulo através de seleção e cruzamento, peletização, extração e isomerização para oferecer as melhores características à cerveja.

Pellets e extratos são as formas de beneficiamento mais utilizadas no mundo, sendo responsável por cerca de 95% da produção, tendo como principal razão a concentração de ácidos amargos e óleos essenciais existentes na flor, otimizando questões de logística e custo de transporte (BEERLIFE, 2009).

Na Tabela 4 mostra a composição química do lúpulo em flor, sendo que os componentes com maior importância são os óleos essenciais, as substâncias minerais, os polifenóis e as resinas amargas, pois os açúcares e os aminoácidos são componentes solúveis e presentes em pequena proporção, e o lipídeos, as proteínas e a celulose são componentes insolúveis (SEIDL, 2003).

Apesar de serem altamente voláteis, com perdas em torno de 97% no decorrer do processo cervejeiro, os óleos essenciais conferem ao mosto e a cerveja o caráter aromático do lúpulo, enquanto os minerais e os polifenóis são responsáveis por proteger a cerveja, e as resinas, podem ser resinas brandas totais, que apresentam α -ácidos ou humulonas que após isomerização tornam-se solúveis e responsáveis pelo principal amargor da cerveja, e resinas duras, substâncias solúveis e responsáveis por um forte e áspero amargor (TSHOPE,2001).

Segundo Almeida e Silva (2005), o lúpulo atua, também, como antisséptico apresentando efeito bacteriostático e contribui para a coagulação de proteínas, para a estabilidade do sabor e para a retenção de espuma na cerveja acabada. As dosagens de lúpulo são de 1,5 a 4,5 g/L.

Tabela 4 - Composição química do lúpulo em flor.

Características	%
Resinas Amargas Totais	12-22
Proteínas	13-18
Celulose	10-17
Polifenóis	4-14
Umidade	10-12
Sais minerais	7-10
Açúcares	2-4
Lipídios	2,5-3,0
Óleos essenciais	0,5-2,0
Aminoácidos	0,1-0,2

Fonte: Tschope (2001)

2.5.4 *Levedura*

A levedura é um fungo, que se reproduz assexuadamente podendo originar de cada célula, 20 outras. Apresenta-se, geralmente, de forma unicelular, estando distribuída em 39 gêneros e cerca de 350 espécies, crescem numa faixa ampla de pH ácido, em até 18% de etanol e em presença de 55 a 60% de sacarose, apresentam diferentes cores, do marfim ao vermelho, algumas são altamente resistentes a temperatura (JAY, 2005).

Embora as leveduras tenham como principal produto da fermentação o etanol, elas são determinantes nas características de aroma e sabor de qualquer cerveja. No meio cervejeiro é comum a difusão da ideia da existência de dois tipos de fermento cervejeiro, o primeiro, *Saccharomyces cerevisiae* cepa de alta fermentação, seria responsável pelas Ales, cervejas de alta fermentação, onde as leveduras trabalham sob temperaturas maiores, entre 16° e 25°C, podendo ter crescimento até por volta dos 37°C e responsável pela produção de cervejas com aroma e sabor frutados. O segundo, *Saccharomyces cerevisiae* cepa de baixa fermentação, usado para cervejas Lagers, cervejas de baixa fermentação, onde as leveduras atuam sob

temperaturas mais amenas, entre 8° e 15°C, podendo crescer até 34°C e produzindo cervejas, menos frutas e encorpadas (BEERLIFE, 2009; VENTURINI FILHO, 2010).

Mesmo que façam a mesma atividade de transformação dos carboidratos resultantes do malte em álcool e gás carbônico, podem produzir, por diferenças de metabolismo, aroma e sabor bem variados. Assim, tem-se uma infinidade de opções de cepas, cada qual mais propicia para a produção de determinadas características de aroma e sabor, então para a melhor escolha de uma cepa de levedura, deve-se levar em conta as especificidades de cada cerveja (BORZANI, 2001).

Segundo Bamforth (2005) o conhecimento das propriedades funcionais e suplementares de cada levedura é fundamental, juntamente com a matéria-prima e processos técnicos adequados, para o cervejeiro fabricar determinado tipo de cerveja.

Para se escolher a levedura apropriada para cada processo analisa-se o comportamento em suspensão dos flocos formados após a fermentação e o crescimento da biomassa produzida. Segundo Lima (2010) um dos meios de se garantir qualidade e evitar contaminação cruzada nas dornas de fermentação é o isolamento de uma única espécie de levedura, que pode ser propagada e alcançar níveis de inoculação de mosto em escala industrial.

2.5.5 Adjunto

Em vários países, a substituição parcial do malte por adjuntos na fabricação de cervejas é permitida por lei, sendo vários os tipos de matérias-primas autorizadas. Os adjuntos apresentam menores custos de produção em relação ao malte, e os adjuntos líquidos, possuem preços ainda mais competitivos, sendo que cada empresa define a proporção de malte e adjunto em seus produtos, conforme lhe convém, seguindo uma tendência mundial de aumento de adjuntos por parte das cervejarias, entretanto seu uso abusivo pode causar prejuízos na qualidade do produto final (VENTURINI FILHO, 2010).

Segundo Brasil (2009), consideram-se adjunto cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como

amidos e açúcares de origem vegetal, e seu emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo.

O adjunto melhora a estabilidade físico-química da cerveja, reduzindo a sua turvação, como também confere uma cor mais clara, corpo mais leve, sabor e aroma mais suave, um vez que, com seu uso, ocorre redução das concentrações de extrato de malte (VENTURINI FILHO, 2010).

Entretanto, quando utilizado em excesso, pode causar alguns problemas, tais como, mosto com baixo teor de nitrogênio, prejudicando o metabolismo da levedura, elevando a viscosidade, retardando a filtração, causando a sensação de cerveja “aguada” e com baixa qualidade de espuma (BRADEE, 1977).

2.6 Processamento da Cerveja

2.6.1 Moagem do malte

Nas cervejarias do Brasil, o malte tem sido tradicionalmente moído em moinhos de rolo, martelos e o menos usual, o de disco. Quando se utiliza o moinho de rolo, o malte deve ser apenas esmagado para produzir cascas inteiras e farinha, pois as cascas inteiras do malte moído favorecem a rápida filtração do mosto na tina de filtração, enquanto que o endosperma amiláceo reduzido à granulação de farinha contribui para a máxima conversão do amido em extrato durante a mosturação, sendo que se a moagem se dar de forma inadequada em moinhos de rolo resulta em excesso de cascas quebradas, que reduz a velocidade de filtração do mosto e aumenta o teor de polifenóis na cerveja, prejudicando a sua estabilidade coloidal (VENTURI FILHO, 2010).

A principal função da moagem é aumentar a área superficial do amido e com isso acelerar as reações enzimáticas. Nesse processo, os grãos de cevada são esmagados com objetivo de romper sua casca longitudinalmente de forma a deixar exposto o amido presente internamente. A fração amilácea é moída, sendo que a uniformidade do grão é um parâmetro bastante importante a ser avaliado. A produção de uma farinha com uma granulometria

disforme pode causar a formação de pasta no moinho e causar problemas na filtração do mosto (BORZANI, 2001).

Um malte bem moído deve apresentar características como, ausência de grãos inteiros, maioria das cascas rasgadas longitudinalmente, ausência de partículas de endosperma aderidas às cascas, endosperma reduzido a partículas pequenas e uniformes e quantidade mínima de farinha fina (BAMFORTH, 2005).

2.6.2 Mosturação

As matérias-primas cervejeiras são transformadas em mosto nesta etapa, tem como principal objetivo recuperar a maior quantidade possível de extrato, no mosto, a partir do malte ou da mistura de malte e adjuntos (VENTURINI FILHO, 2010).

O extrato de mosto é constituído por cerca de 10 a 15% de substâncias prontamente solúveis em água, e o restante (85 a 90%) por produtos de degradação de macromoléculas pelas enzimas (amilases, proteases, beta-gluconases, entre outras). As amilases são responsáveis pela hidrólise do amido em açúcares fermentáveis e não fermentáveis, as proteases produzem peptídeos e aminoácidos, a partir da digestão de proteínas e as beta-gluconase hidrolisam o carboidrato beta-glucano (DRAGONE, ALMEIDA e SILVA, 2010; VENTURI FILHO, 2005).

Esse processo ocorre por infusão ou decocção, sendo que no ultimo podemos trabalhar com diferentes temperaturas e tempo. Esses processos ocorrem em tanques cilíndricos de aço inoxidável, que devem ser dotados de sistemas de aquecimento e agitação, o sistema de agitação de ser capaz de movimentar a massa contida em seu interior (VENTURI FILHO, 2005).

2.6.3 Filtração

Nessa operação o bagaço de malte ou torta é separado do mosto. Segundo Kunze (1996) Lonrenz Enzinger inventou a filtração de cerveja através de filtro de massa, tornando-a brilhante, ou seja, agora o produto não seria mais translúcido e opaco, a partir daí esse critério foi utilizado como parâmetro de qualidade.

Após a mosturação, o produto é aquecido a 75°C, obtendo desse modo, viscosidade apropriada para o processo de filtração. Nesta etapa, é desejado se extrair ao máximo o líquido para obtenção do mosto. Obtêm-se duas frações distintas: a primeira denominada bagaço, o qual é sólida, composta pela casca, e componentes que não foram solubilizados do malte; e a segunda, líquida denominada extrato ou mosto (VENTURINI FILHO, 2005).

Primeiramente, obtêm-se o mosto primário, pelo filtro da tina de filtração, em um segundo momento é utilizado o bagaço e lavado com água quente para que se possam retirar os açúcares residuais do bagaço, essa água de lavagem é chamada de mosto secundário, e após a lavagem a torta que sobra é considerada um subproduto de alto valor nutritivo, rico em fibras (KUCK, 2008).

A filtragem do mosto é influenciada pela temperatura do mesmo, por isso quanto mais quente estiver, menos viscosa será a sua consistência, tornando mais rápida a filtração. Outra consideração importante a ser feita é a análise da resistência do bagaço, que depende do tipo de malte, qualidade da moagem e intensidade do processo de mosturação (VENTURI FILHO, 2010).

2.6.4 Fervura

O objetivo deste processo é extrair o aroma e o gosto amargo do lúpulo, dissolver os adjuntos açucarados (quando utilizado), esterilizar, concentrar, desenvolver cor, inativar enzimas e coagular proteínas presentes no mosto. Durante a fervura, ocorre a destruição da flora bacteriana, a inativação das enzimas que ainda apresentavam alguma atividade e a eliminação de alguns compostos voláteis que conferem odor e sabor da cevada ou de malte, durante essa etapa o lúpulo é adicionado (DRAGONE; ALMEIDA e SILVA, 2010). Segundo Venturini Filho (2010) o tempo de fervura deve durar de 60 a 120 minutos, sob pressão atmosférica.

A α -amilase, que está presente no mosto até a filtração, é inativada com objetivo de não decompor os açúcares em etapas posteriores. No escurecimento da cor mosto é propiciado pela formação de meloidinas obtidas pela reação de aminoácidos com os açúcares (Reação de Mailard), a caramelização dos açúcares, e a coagulação do tanino do lúpulo ao reagir com as proteínas presentes no mosto (SANTOS, 2010; TELES, 2007).

O lúpulo é adicionado em na forma de pellets, sendo que a primeira vez ocorre no início da fervura do mosto, adicionando um quarto do peso total do lúpulo, responsável pela formação do corpo da cerveja, logo após 30 minutos é adicionado metade do peso total, sendo essa adição responsável pelo amargor da cerveja, a ultima adição é realizada nos últimos 15 minutos finais, contendo um lúpulo com maiores quantidades de compostos aromáticos, como os óleos essenciais e compostos voláteis, que contribuem para um refino características sensoriais da cerveja (VENTURI FILHO, 2010).

Bamforth (2005) afirma que a esterilidade do mosto cervejeiro é proporcionada por fatores como a adição do lúpulo, tratamentos térmicos proporcionados ao meio, sendo o processo de fervura fundamental para a segurança do mosto, pois a disponibilidade de nutrientes no mesmo representa um risco elevado de desenvolvimento de outros microrganismos competidores com as leveduras de cultivo, podendo causar contaminação por bactérias e outras cepas leveduras.

2.6.5 Clarificação

A clarificação é uma operação realizada em um tanque denominado *whirlpool* e é feita por meio da retirada do *trub* (material sedimentado). O mosto é bombeado para fora, com esse movimento, as partículas sólidas de maior massa, principalmente resinas do lúpulo, proteínas coaguladas e taninos do malte são depositados no centro do fundo do tanque, de onde são retirados logo após o mosto (VENTURINI FILHO, 2010).

Segundo Bamforth (2005) as operações de mosturação, filtração, fervura e clarificação são feitas em tanques específicos em grandes cervejarias, enquanto em plantas piloto ou microcervejarias essas operações podem ser feitas em tanques combinados.

2.6.6 Resfriamento

Segundo Dragone, Almeida e Silva (2010) o mosto deve ser resfriado para temperatura de 10 a 15°C, a fim de inocular a levedura cervejeira, sendo que os mostos de cerveja tipo Lager são resfriados a temperatura abaixo (7-10°C) e cervejas do tipo Ale são resfriados em temperaturas um pouco mais altas (18-22°C).

Um processo fundamental para fabricação da cerveja, a aeração, pois disponibiliza oxigênio para a levedura, que em pouco tempo ao ser consumido, promove a produção de ácidos carboxílicos insaturados e esteróis que são constituintes de suas membranas (TELES, 2007; VENTURINI FILHO, 2005).

2.6.7 Fermentação

É nesta fase que ocorre a transformações dos açúcares fermentáveis em etanol e gás carbônico, além da síntese de diversos compostos aromáticos e que dão sabor característico a cada tipo de cerveja. Segundo Venturini Filho (2010) a temperatura ideal para as cervejas de baixa fermentação é de 8 a 11°C, durante cinco a sete dias, enquanto que para cervejas de alta fermentação é de 18 a 22°C, durante 3 a 5 dias.

A fermentação pode ser conduzida por um processo contínuo e descontínuo, sendo este último mais utilizado. O processo fermentativo descontínuo ocorre em tanques cilíndricos fechados de aço inoxidável, com fundo cônico, denominados de fermentadores, apresentam sistema de refrigeração, isolante térmico e painéis eletrônicos controladores de temperatura (VENTURINI FILHO, 2010).

A quantidade de levedura adicionada no mosto varia de acordo com a quantidade e composição dos açúcares, da temperatura, da disponibilidade de oxigênio, sendo que a média é em torno de 10^7 células viáveis/mL, que irá fermentar todos os açúcares disponíveis no extrato, formando os produtos da fermentação (KUCK, 2008).

2.6.8 Maturação

Esse processo é conhecido como fermentação secundária, mas de fundamental importância para o desenvolvimento de algumas características da cerveja. Esse processo requer uma maior quantidade de tempo (VENTURINI FILHO, 2010).

A maturação tem como objetivo: iniciar a clarificação da cerveja mediante a remoção, por sedimentação, das células de levedura; saturar a cerveja com gás carbônico; melhorar o odor e o sabor da bebida, através da concentração de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico; evitar a oxidação da cerveja (BOZZANI, 2001).

Pode ser realizado em um tanque posterior ao tanque de fermentação, ou na própria garrafa, no caso de cerveja caseira. A maturação é conduzida à baixa temperatura, 0°C por um período superior a 15 dias (BOZZANI, 2001).

A maturação feita em garrafa é bastante comum, porém a gaseificação precisa acontecer ao mesmo tempo, através da técnica de *priming*, pois não se é aconselhável tirar a cerveja da garrafa para gaseificar, pelo retrabalho e ineficiência do processo. A técnica de *priming* consiste na adição de açúcares fermentáveis para que a levedura fermente e libere CO₂ (PALMER, 1999).

2.6.9 Envase

O engarrafamento consiste no acondicionamento do produto em lata (alumínio) garrafa (vidro) e barril (alumínio e aço inoxidável). Mas geralmente utilizam dois tipos de garrafa, a retornável e a não retornável, também denominada de “oneway” (VENTURINI FILHO, 2010). As primeiras requerem lavagem (com solução cáustica), enxágue e reenxágue, enquanto as garrafas descartáveis, tal como as latas, apenas recebem um jato de ar estéril seguido por outro de água esterelizada.

2.6.10 Pasteurização

Segundo Venturini Filho (2010), a pasteurização é uma prática comum nas cervejarias, principalmente quando as embalagens garrafa e lata são utilizadas. Consiste em um tratamento térmico onde a cerveja é submetida a um aquecimento a 60°C por 30 min, garantindo assim uma vida de prateleira de 180 dias.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matérias-primas

- Malte Pilsen;
- Malte Viena;
- Malte Munich;
- Lúpulo Hallertau Magnum (*Pellet*);
- Levedura Femermentis US-05 (*Saccharomyces cerevisiae*);
- Água: adquirida em comércio local (pH 5,2, Sódio 79 mg/L, Cálcio 1,579 mg/L, Bicarbonato 70,04 mg/L, Cloreto 30,1 mg/L);
- Adjuntos: abacaxi e acerola, adquiridos em comércio local na cidade de Fortaleza – CE.

3.2 Caracterização da polpa de fruta

Os frutos adquiridas foram processadas de acordo com a Figura 3 e posteriormente analisados.

Figura 3 – Fluxograma de obtenção de polpa de fruta



Fonte: Chitarra & Chitarra (2005), com adaptações.

As polpas de frutas foram submetidas às análises físico-químicas de Acidez Total, pH, Açúcares Totais e Redutores, Sólidos Solúveis Totais e Relação Sólidos/Acidez (A.O.A.C, 2006).

3.3 Planejamento Experimental

Os ensaios de produção de cerveja com adição de frutas foram feitos utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), aplicando um planejamento fatorial 2^2 completo, totalizando 11 ensaios, sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais ($-\alpha$ e $+\alpha$) e três repetições do ponto central (0) para estimativa do erro padrão. Na tabela 05 são apresentadas as faixas de valores codificados e reais utilizados para ensaios e na tabela 6 é apresentada a matriz do planejamento (RODRIGUES e IEMMA, 2009). As faixas de variação entre os limites de cada variável foram estabelecidas de acordo com testes preliminares.

Tabela 5 – Variáveis e níveis do planejamento experimental completo 2^2 .

Variáveis Independentes	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	$-\alpha = -1,41$	-1	0	+1	$+\alpha = +1,41$
Acerola* (%) – X_1	5	10	15	20	25
Abacaxi* (%) – X_2	5	10	15	20	25

*Em relação ao malte

Tabela 6 - Matriz do delineamento experimental com valores codificados (X_1 e X_2) e reais (x_1 e x_2).

Ensaio	X_1	X_2	Acerola (%)	Abacaxi (%)
1	-1	-1	10	10
2	+1	-1	20	10
3	-1	+1	10	20
4	+1	+1	20	20
5	-1,41	0	5	15
6	+1,41	0	25	15
7	0	-1,41	15	5
8	0	+1,41	15	25
9	0	0	15	15
10	0	0	15	15
11	0	0	15	15

3.4 Processamento da Cerveja

O processamento da cerveja em escala laboratorial. Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica OHAUS AR2140.

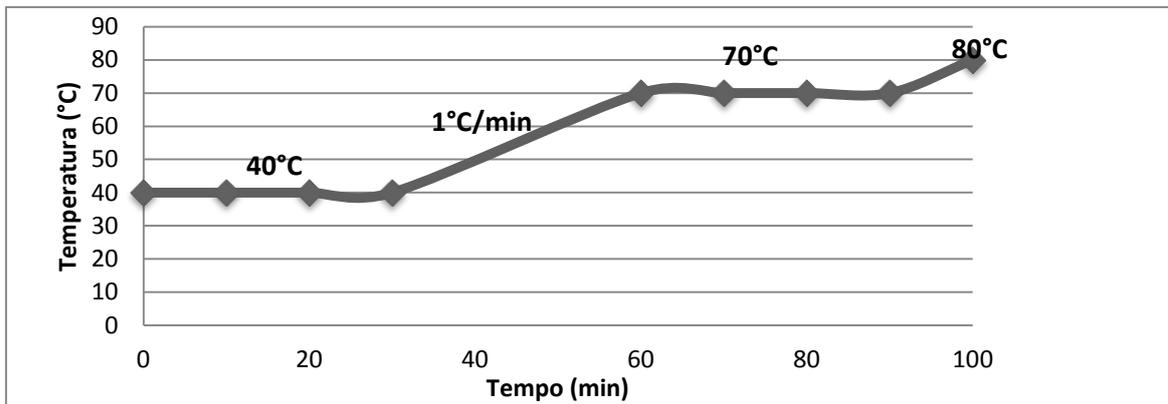
A Figura 04 apresenta o fluxograma utilizado no estudo. O malte foi triturado em moinho, misturado com água, aquecido facilitando a dissolução, em seguida o processo de mosturação foi conduzido de acordo com a figura 5 e ao final desse processo foi realizado o teste do iodo, para confirmação da sacarificação do amido.

Figura 4 – Fluxograma de elaboração de Cerveja de Acerola e Abacaxi.



Fonte: VENTURINI FILHO (2010) com adaptações.

Figura 5 – Programação de tempo e temperatura no processo de mosturação por infusão.



Fonte: VENTURINI FILHO (2010) com adaptações.

No recipiente de mosturação, equipado com um fundo falso, o mosto (primário) foi separado do bagaço do malte por meio de filtração convencional (1 atm), após a filtração, lavou-se a torta residual com água (80°C), para extração dos açúcares residuais, obtendo o mosto secundário, ambos foram misturados e fervidos a 100°C/60min.

Durante a fervura foi adicionado 15g de lúpulo. Logo após, o mosto foi resfriado rapidamente por um sistema de troca de calor, em seguida ocorreu a decantação, visando à separação do *trub*.

Colocou-se o mosto clarificado no fermentador e corrigiu-se seu teor de extrato até 15°Brix através da adição de água, conforme a equação 1. Após o resfriamento, o mosto foi inoculado com a levedura cervejeira de alta fermentação da espécie *Saccharomyces cerevisiae* e acondicionado a uma temperatura de 18-20°C, a partir de então ocorreu a fermentação.

$$B_1 \times M_1 + B_2 \times M_2 = B_3 \times M_3 \quad (1)$$

Onde:

B_1 = Brix inicial do mosto; M_1 = massa inicial do mosto; B_2 = Brix da água; M_2 = Massa da água; B_3 = Brix do mosto final; M_3 = massa do mosto final.

A fermentação do mosto foi acompanhada durante 7 dias. Logo após a fermentação ocorreu a adição da polpa de fruta em forma de suco nos percentuais propostos no delineamento, posteriormente a cerveja foi engarrafada manualmente em garrafas com capacidade para 355 mL (long neck).

Os tratamentos foram armazenadas em freezer a temperatura de 8 °C, por 15 dias para que ocorresse a maturação e a carbonatação através da fermentação do açúcar proveniente do suco de frutas, por ação das leveduras remanescentes. Logo após a maturação a cerveja foi pasteurizada em banho-maria por 62°C por 30 min e sua posterior armazenagem em temperatura ambiente até a realização das análises.

3.5 Análises físico-químicas e químicas da cerveja

Todas as determinações abaixo descritas foram realizadas em amostras descarbonatadas em temperatura ambiente (26°C).

3.5.1 Teor Alcoólico (v/v)

Transferiu-se 100 mL da amostra para o conjunto de destilação, adicionando-se 1 gota de material antiespumante, para prevenir a formação de espuma durante a destilação. O destilado foi recolhido em um balão volumétrico de 100 mL contendo 10 mL de água destilada. Destilou-se até aproximadamente 75% do volume inicial, completando o volume com água. Determinou-se a densidade relativa desta solução a 20°C pelo densímetro. Foi Utilizado a Tabela de referência para conversão em porcentagem de álcool em volume (A.O.A.C.,2006)

3.5.2 Extrato Real

Transferiu-se 20 mL de amostra descarbonatada, para uma cápsula previamente aquecida em estufa a 100°C por 1 hora, resfriada em dessecador e pesada. A amostra foi aquecida em banho-maria até a secagem, logo após resfriou-se em dessecador e pesou-se. A formula é $100.P/V = \text{Extrato real (\% m/v)}$, onde P = massa do resíduo (g) e V = volume da amostra (mL) (A.O.A.C., 2006).

3.5.3 Extrato Aparente

Filtrou-se 100 mL de amostra descarbonatada e determine a densidade relativa a 20°C do filtrado, convertendo esse valor em extrato aparente através de referência (A.O.A.C., 2006).

3.5.4 Extrato primitivo ou original

Este resultado foi obtido por meio de cálculo envolvendo os valores de teor alcoólico e extrato real segundo a formula de Balling.

$$\frac{[(P \times 2,068) + Er] \times 100}{[100 + (P \times 1,066)]} = \text{extrato primitivo, em \% m/m} \quad (2)$$

Onde:

P = % de álcool em peso; Er = % de extrato real (A.O.A.C, 2006).

3.5.5 pH

As amostras foram colocadas em béqueres de 50 mL para a leitura direta através do pHmetro (TEC-5 TECNAL), conforme descrito (A.O.A.C., 2006).

3.5.6 Acidez Total

Colocou-se 10 mL da amostra descarbonatada em um Erlenmeyer de 250 mL contendo 100 mL de água. Adicionando 0,5 mL de fenofaleína e titulou-se com solução de

hidróxido de sódio padronizada 0,1 N, até coloração rósea persistente, pH entre 8,2 e 8,4, utilizando o pHmetro (IAL, 2005).

3.5.7 Acidez Volátil

As amostras foram destiladas em sistema por arraste de vapor, onde foi coletado 100 mL do produto em um Erlenmeyer de 250 mL, contendo 20 mL de água destilada e 0,5 mL de Fenolftaléina e titulou-se até a coloração rósea persistente (IAL, 2005).

3.5.8 Acidez Fixa

A acidez fixa é expressa, em meq/L, pela diferença entre a acidez total e a acidez volátil (IAL,2005).

3.5.9 Sólidos Solúveis Totais

A cerveja foi medido diretamente em Refratômetro Digital de Bancada Marca Abbe, modelo com escala de %Brix 0-95% (IAL, 2005).

3.5.10 Açúcares Redutores, Não-Redutores e Totais

As cervejas foram submetidas ao teste de Lane-Eynon para determinação de carboidratos conforme descrito no manual de Análises de Alimentos do Instituto Adolf Lutz (2005).

3.5.11 Cinzas

Segundo a metodologia descrita pela A.O.A.C (2006), com carbonização das amostras em chama direta e posterior calcinação em mufla a 550°C por 12 horas.

3.6 Análises Microbiológicas

3.6.1 Coliformes Totais e Termotolerantes

Transferiu-se 25 mL da amostra em 225 mL de água peptonada e a partir da solução 10^{-1} determinou-se o número mais provável de coliformes totais pelo método dos tubos múltiplos.

Foi utilizado o Caldo Lauril Sulfato de Sódio - CLS. Inoculou-se 1,0 mL das amostras com suas respectivas diluições (10^{-2} , 10^{-3}) em três tubos contendo tubos de Durham invertidos, sendo logo após incubados a 35° C por 24 e 48h.

As amostras que formaram gás nos tubos foram submetidos aos testes confirmativos, onde foi praticada a semeadura em tubos contendo 10 mL de Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante – CLBVB, incubados a 35°C por 24 e 48 h, e tubos contendo 10 mL do Caldo E.C., incubados a 45°C por 24 e 48 h.

A formação de gás nos tubos caracteriza como a presença de coliformes, sendo o resultado expresso em NMP de coliformes totais por grama de alimentos (ICSMSF, 2011).

3.6.2 Bolores e Leveduras

Inoculou-se 0,1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} sobre a superfície seca de meio Potato Dextrose Agar (P.D.A.) acidificado a pH 3,5 depositadas em placas de Petri, espalhados por

alça de Drigalski até a completa absorção. Logo após se incubou as placas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, por 5 dias em incubadora B.O.D. (ICMSF, 2011).

3.7 Análise sensorial

As formulações de cerveja foram distribuídas em um delineamento de blocos incompletos onde as onze formulações foram provadas igualmente por 110 provadores não treinados, totalizando 50 repostas para cada tratamento.

Foi aplicado um teste de Aceitação, avaliando os atributos sabor, cor, aroma, corpo e aceitação global utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, na qual 9 representa “gostei muitíssimo” e 1 “desgostei muitíssimo”. Também foram avaliadas quanto a intenção de compra através de escala estruturada de cinco pontos, na qual 5 representa “certamente compraria” e 1 “certamente não compraria” (DUTCOSKY, 2011).

As amostras foram apresentadas a provadores não treinados, maiores de 18 anos, de forma monádica, à temperatura de $9^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, em copos codificados com números de três dígitos escolhidos de forma aleatória, onde cada amostra foi avaliada por 50 provadores. Os provadores posicionados em cabines individuais foram orientados a observar as características globais e ao preenchimento das fichas de respostas.

3.8 Avaliação estatística

A avaliação dos resultados dos parâmetros físico-químicos e sensoriais no desenvolvimento das formulações através do delineamento composto central rotacional foi realizada por superfície de resposta e suas respectivas curvas de contorno, análise de variância (ANOVA), teste de médias ao nível de 5% de significância e análise de regressão.

Para avaliar os efeitos das variáveis nas análises físico-químicas e sensoriais foi utilizado o modelo de regressão de segunda ordem dado pela equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (3)$$

Onde:

Y = Variável dependente; X_1 = Acerola; X_2 = Abacaxi; β_0 = Constante do intercepto; β_1 e β_2 = Coeficientes de efeitos lineares; β_{11} e β_{22} = Coeficientes de efeitos quadráticos; β_{12} = Coeficiente de efeito e interação entre as variáveis.

Os resultados das variáveis dependentes, respostas de cada um dos 11 ensaios, foram tratados por análise de regressão múltipla para obtenção de modelos matemáticos, para a validação dos modelos utilizou-se a análise de variância (ANOVA). Nos modelos observou-se a significância da regressão pelo teste F, falta de ajuste não significativa e pelo coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas e química das polpas de frutas

Na Tabela 7 segue os valores obtidos para as análises físico-químicas nas polpas de acerola e abacaxi antes do serem acrescidas nos tratamentos da Cerveja.

Tabela 7. Valores físico-químicos e química das polpas de acerola e abacaxi.

Polpa	pH	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Acidez Total (%)	Relação SST/ATT	Açúcares redutores (g/100g)	Açúcares não-redutores (g/100g)	Açúcares Totais (g/100g)
Polpa de Acerola	3,38 ^b ±0,01	8,20 ^b ±0,01	0,92 ^a ±0,01	8,91 ^b ±0,03	6,21 ^a ±0,12	1,93 ^b ±0,15	7,99 ^b ±0,09
Polpa de Abacaxi	3,84 ^a ±0,01	11,40 ^a ±0,01	0,34 ^b ±0,01	33,52 ^a ±0,01	5,18 ^b ±0,01	5,63 ^a ±0,03	10,81 ^a ±0,05

¹Letras distintas em uma mesma coluna apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

As polpas obtiveram uma diferença significativa em todos os atributos avaliados, isso pode variar de acordo com fatores climáticos, quantidade de chuva durante a safra, variedade da espécie, dentre outros. O pH apresentou valores dentro dos padrões de alimentos muito-ácidos, o que facilita a fermentação da cerveja pela levedura, sendo permitido por legislação.

Os resultados apresentados na Tabela 7 mostram que as polpas de frutas apresentam um teor de Sólidos Solúveis Totais elevado quando se trata deste produto, onde se pode observar que a maioriassees SST são açúcares fermentecíveis que podem ser usados em cervejas artesanais como complemento do processo fermentativo, ou seja, no processo *primming* onde a cerveja artesanal é maturada e carbonatada naturalmente na própria embalagem (VENTURINI FILHO, 2010).

A relação entre Brix e Acidez revela o nível de doçura da polpa e pode se correlacionar com estado de maturação da mesma, os resultados encontrados mostram que a média do abacaxi é superior a da acerola induzindo a uma tendência na qual as cervejas formuladas com uma quantidade maior de suco de abacaxi tenha uma doçura residual proporcional, como também uma graduação alcoólica mais elevada.

Através dos resultados pode-se afirmar que as polpas de acerola e abacaxi processadas podem ser utilizadas como adjunto para fabricação de cervejas não só pelo aumento do teor de

açúcares fermentecíveis, como também pela adição de características sensoriais e físico-química aos produtos.

4.2 Avaliação físico-química e química da Cerveja processada com acerola e abacaxi

A qualidade em produtos fermentáveis é em grande parte determinada pelas propriedades físico-químicas, como o teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, acidez, sólidos solúveis totais e teor de açúcares.

A utilização de diferentes ingredientes em formulações de produtos fornece cores, textura e valor nutricional que podem melhorar ou não a qualidade de bebidas. Portanto, um equilíbrio adequado dos ingredientes deve ser obtido para a produção de cervejas, principalmente com adição de ingredientes que fogem do padrão das grandes indústrias afim de estabelecer um nicho de mercado.

As tabelas 9 e 10 apresentam os resultados para os parâmetros físico-químicos da cerveja de acerola e abacaxi.

Tabela 8. Resultados médios e teste de tukey para os parâmetros físicos-químicos da cerveja adicionada de acerola e abacaxi.

Ensaio	Extrato Real (%)	Extrato Primitivo (%)	Extrato Aparente (%)	Cinzas (%)	pH	Teor Alcoólico (% v/v)
1	3,99 ^a ±0,01	10,35 ^b ±0,01	4,05 ^a ±0,01	0,04 ^a ±0,01	4,24 ^b ±0,01	4,06 ^b ±0,01
2	3,46 ^b ±0,01	9,14 ^c ±0,01	3,70 ^b ±0,01	0,03 ^a ±0,01	4,11 ^c ±0,01	3,60 ^c ±0,01
3	3,49 ^b ±0,02	9,20 ^{bc} ±0,01	3,73 ^b ±0,02	0,02 ^a ±0,01	4,19 ^c ±0,01	3,63 ^c ±0,01
4	3,02 ^c ±0,01	7,97 ^c ±0,01	2,52 ^d ±0,04	0,02 ^a ±0,01	4,04 ^f ±0,01	3,12 ^d ±0,01
5	3,98 ^a ±0,01	10,31 ^b ±0,01	4,02 ^a ±0,01	0,04 ^a ±0,01	4,31 ^a ±0,01	4,04 ^b ±0,01
6	3,42 ^b ±0,01	8,34 ^d ±0,01	2,02 ^e ±0,01	0,02 ^a ±0,01	4,02 ^f ±0,01	3,09 ^e ±0,01
7	4,01 ^a ±0,01	10,42 ^a ±0,01	3,64 ^c ±0,01	0,03 ^a ±0,01	4,21 ^c ±0,01	4,11 ^a ±0,01
8	3,03 ^c ±0,01	7,86 ^f ±0,01	2,04 ^e ±0,01	0,02 ^a ±0,01	4,11 ^e ±0,01	3,06 ^f ±0,01
9	3,44 ^b ±0,01	9,14 ^c ±0,01	3,65 ^c ±0,01	0,03 ^a ±0,01	4,14 ^d ±0,01	3,62 ^c ±0,01
10	3,43 ^b ±0,01	9,15 ^c ±0,01	3,65 ^c ±0,01	0,03 ^a ±0,01	4,15 ^d ±0,01	3,61 ^c ±0,01
11	3,42 ^b ±0,01	9,12 ^c ±0,01	3,63 ^c ±0,01	0,03 ^a ±0,01	4,14 ^d ±0,01	3,63 ^c ±0,01

¹Letras distintas em uma mesma coluna apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Os resultados para extrato real diferiram estatisticamente entre si, sendo que os ensaios 1, 5 e 7, com menor teores de suco, obtiveram valores maiores desse parâmetro, contudo os valores encontrados foram maiores que 3% o que indica uma cerveja de boa qualidade.

O ensaio 6 não obteve o comportamento esperado, mesmo com alta concentração de suco de frutas, 40% no total, obteve valores que não diferiram estatisticamente as formulações com 30% de suco, isso se deve a falta de um sistema de agitação eficiente durante a mistura da própria cerveja no tanque, por se tratar de uma cerveja com características artesanais a sedimentação, fica mais evidente em alguns pontos ou pelo fato que a própria polpa de acerola possui uma quantidade maior de sólidos insolúveis.

Enquanto para o extrato primitivo que leva em consideração o percentual de malte que foi utilizado para a montagem do mosto e no que isso pode influenciar na sua fermentabilidade final, os tratamentos obtiveram resultados semelhantes aos outros parâmetros de extratos, o teste de tukey mostrou que os tratamentos foram agrupados mais heterogeneamente.

O extrato aparente obteve comportamento semelhante aos outros extratos, sendo que quanto maior a quantidade de suco adicionada menor foi a densidade, logo menor será o valor deste parâmetro.

O teor de cinzas não variou estatisticamente ($p < 0,05$), os valores encontrados estão de acordo com encontrados na literatura, sabendo-se que para cerveja onde o percentual de água fica em torno de 95% as cinzas não ultrapassam os valores decimais da composição centesimal.

O pH diferiu estatisticamente ($p > 0,05$), sendo que foram encontrados valores entre 4,0 e 4,4, logo podemos considerar a cerveja com adição de suco frutas um produto ácido, sendo que aumento da adição de suco o pH teve um decaimento, sendo que o tratamento 6 com um teor maior de suco acerola teve o menor valor, um comportamento esperado Enquanto que o pH da polpa de acerola (Tabela 8) é menor que os valores de abacaxi.

Para teor alcoólico os tratamentos diferiram estatisticamente, sendo que os valores obtidos foram acima de 3% portanto, podem ser considerados cerveja, para a legislação brasileira. Ainda nota-se que quanto menor for adição de suco, maior o teor alcoólico, um comportamento esperado pois a adição do suco frutas ocorre após a fermentação primária e esse mesmo açúcar residual apenas serve ter uma atenuação desse valor, como também a saturação de CO_2 na própria embalagem.

Os valores encontrados na tabela 9 mostram resultados para os parâmetros acidez total, fica e volátil, açúcares totais, redutores e não-redutores.

Tabela 9. Resultados médios e teste de tukey para os parâmetros físicos-químicos da cerveja adicionada de acerola e abacaxi.

Ensaio	Acidez Total (mEq/L)	Acidez Fixa (mEq/L)	Acidez Volátil (mEq/L)	Açúcares Redutores (%)	Açúcares Não-Redutores (%)	Açúcares Totais (%)
1	37,93 ^b ±0,15	19,17 ^d ±0,13	19,08 ^d ±0,03	0,71 ^b ±0,01	0,97 ^d ±0,01	1,68 ^c ±0,01
2	40,47 ^c ±0,03	21,25 ^c ±0,11	21,35 ^c ±0,06	0,75 ^b ±0,03	0,52 ^e ±0,05	1,27 ^f ±0,01
3	40,47 ^c ±0,27	21,28 ^c ±0,13	21,57 ^c ±0,16	0,67 ^c ±0,01	1,13 ^b ±0,01	1,81 ^b ±0,01
4	42,50 ^a ±0,21	22,56 ^b ±0,18	23,34 ^b ±0,03	0,62 ^c ±0,01	0,93 ^d ±0,01	1,55 ^d ±0,01
5	37,06 ^d ±0,03	21,52 ^c ±0,04	21,71 ^c ±0,15	0,86 ^{ab} ±0,01	1,02 ^c ±0,01	1,88 ^b ±0,01
6	44,17 ^c ±0,09	23,28 ^a ±0,07	23,59 ^b ±0,01	0,80 ^{ab} ±0,01	0,57 ^c ±0,01	1,38 ^e ±0,01
7	37,06 ^d ±0,03	21,41 ^c ±0,10	21,87 ^c ±0,06	0,81 ^{ab} ±0,01	1,27 ^a ±0,01	2,08 ^a ±0,01
8	43,95 ^c ±0,02	23,39 ^a ±0,22	24,36 ^a ±0,04	0,76 ^b ±0,01	0,41 ^f ±0,01	1,17 ^g ±0,01
9	40,33 ^e ±0,03	21,37 ^c ±0,02	21,46 ^c ±0,08	1,21 ^a ±0,01	0,44 ^f ±0,01	1,66 ^c ±0,01
10	40,46 ^e ±0,19	21,55 ^c ±0,19	22,40 ^c ±0,06	1,21 ^a ±0,01	0,42 ^f ±0,01	1,64 ^c ±0,01
11	40,40 ^e ±0,09	21,45 ^c ±0,05	21,22 ^c ±0,09	1,22 ^a ±0,01	0,43 ^f ±0,01	1,65 ^c ±0,01

¹Letras distintas em uma mesma coluna apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

Os valores encontrados para acidez total, mostram que mesmo havendo diferença significativa entre si, em cinco grupos de tukey, os valores estão entre 37 e 44 meq/L. Esses ácidos presentes estão relacionados com o amargor da cerveja, sendo os ácidos mais amargos responsáveis por 70% do sabor característico da cerveja. A acidez no produto final devida a formação de ácidos durante a fermentação, sendo eles o ácido acético, fórmico, piruvato, D-lactato, L-lactato, entre outros cerveja (TECHAKRIENGRKRAIL et al., 2004).

Os ácidos fixos e voláteis obtiveram comportamento semelhante ao anterior mencionado, sendo algumas peculiaridades observadas onde os valores de ácidos voláteis apresentam valores maiores. Isso é benéfico pois os ácidos orgânicos são importantes não somente por contribuir para o sabor e o aroma da cerveja, mas também por influenciar seu pH, de forma que um decréscimo durante a fermentação afeta as propriedades de cerveja, como a estabilidade à turbidez não biológica, a estabilidade do sabor, a suscetibilidade e as alterações microbiológicas e a percepção do amargor, que aumenta com a elevação do pH. Sensorialmente, a função mais importante dos ácidos orgânicos na cerveja é aumentar a acidez do produto para um nível agradável ao paladar humano.

Os açúcares que estão presentes na cerveja têm origem dos grãos de malte ou outros carboidratos fermentescíveis. A tabela 10 mostra que os tratamentos obtiveram valores abaixo de 2,1 para açúcares totais, mesmo com a diferença significativas entres os tratamentos. Isso mostra que a fermentação obteve êxito, já que conseguiu-se diminuir o teor de açúcares e aumentar o teor de alcól, CO₂ e compostos voláteis.

4.2.1 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Teor Alcoólico da Cerveja

A tabela 10 apresenta os coeficientes de regressão para o teor alcoólico das cervejas.

Tabela 10. Coeficientes de regressão para a resposta Teor Alcoólico.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	3,624912	0,001995	1817,037	0,000000
Acerola(L)*	-0,238333	0,001123	-212,300	0,000000
Acerola(Q)*	-0,012807	0,000885	-14,468	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,251111	0,001123	-223,682	0,000000
Abacaxi(Q)*	-0,009474	0,000885	-10,703	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,011667	0,001944	-6,000	0,000003

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Todos os modelos, tanto lineares quanto quadráticos das polpas foram significativos e a interação entre as variáveis também apresentou significância, todos eles tiveram efeitos negativos, ou seja, quanto maior a adição das polpas, menor foi o teor alcoólico das cervejas, uma vez que a sua composição é majoritariamente de água, portanto, diluindo o teor de álcool no produto final. A tabela 11 apresenta os resultados da análise de variância para o teor alcoólico.

Tabela 11. ANOVA para a resposta Teor Alcoólico.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	4,4156	5	8,0622	19092,95
Resíduos	0,0106	27	0,0031	
Falta de Ajuste	0,0096	3	0,0032	1,99
Erro Puro	0,0010	24	0,0001	
Total	4,3381	32		

% variação explicada (R^2) = 0,9904; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$

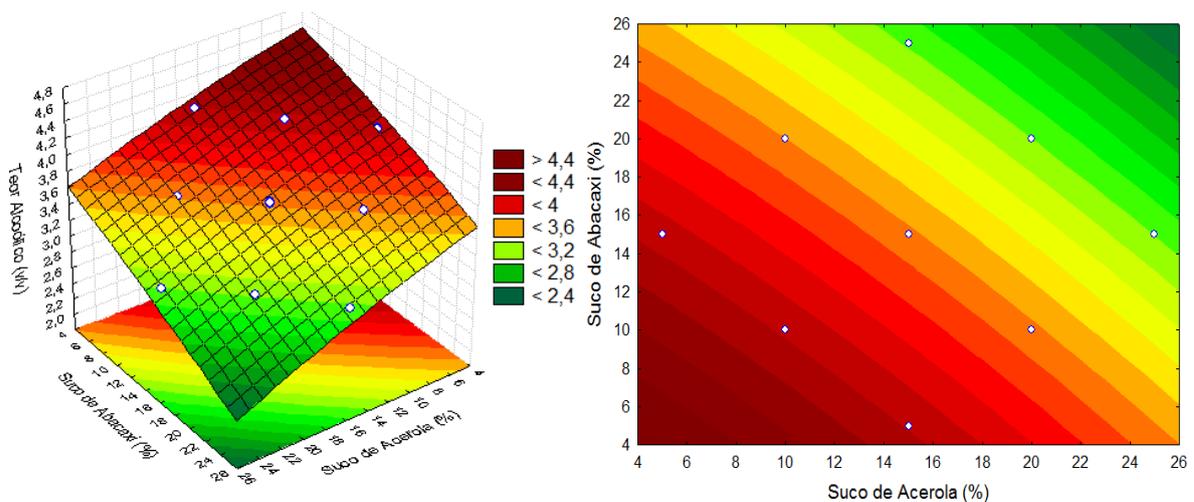
A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,9904 e um F calculado de 19092,95, muito superior ao F tabelado, que foi de 2,75. A falta de ajuste não foi significativa, portanto, o modelo matemático apresentado na equação 4 é válido e representa o comportamento do teor alcoólico em função das polpas de abacaxi e acerola.

$$TA = 3,62 - 0,23(\text{Acerola}) - 0,01(\text{Acerola})^2 - 0,25(\text{Abacaxi}) - 0,01(\text{Abacaxi})^2 - 0,01(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (4)$$

A figura 6 apresenta a superfície de resposta da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor alcoólico das cervejas.

Observa-se que o teor alcoólico das cervejas diminui à medida em que a quantidade de polpa de fruta é elevada. Para valores de até 12% de polpa de abacaxi e 10% de polpa de acerola o teor alcoólico é superior a 4,4%. Os menores teores foram observados para adição de valores acima de 20% de ambas as polpas, com teores alcoólicos abaixo de 2,8%.

Figura 6 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor alcoólico das cervejas.



4.2.2 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Extrato Primitivo da Cerveja

A tabela 12 apresenta os coeficientes de regressão para o Extrato Primitivo das cervejas.

Tabela 12. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Primitivo.

	Coefficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	9,131961	0,021721	420,4199	0,000000
Acerola(L)*	-0,531291	0,012223	-43,4661	0,000000
Acerola(Q)*	0,048716	0,009638	5,0547	0,000026
Abacaxi(L)*	-0,621103	0,012223	-50,8138	0,000000
Abacaxi(Q)	0,002273	0,009638	0,2359	0,815313
AcerolaxAbacaxi	-0,004608	0,021171	-0,2177	0,829322

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Através da análise dos coeficientes de regressão foi possível observar a significância dos efeitos lineares das polpas e o quadrático da polpa de acerola, não foi observado efeito do modelo de interação entre as variáveis para a resposta extrato primitivo.

A tabela 13 apresenta a análise de variância para o extrato primitivo.

Tabela 13. ANOVA para a resposta Extrato Primitivo.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	24,1867	3	8,0622	104892,2
Resíduos	0,2885	27	0,0002	
Falta de Ajuste	0,1433	3	0,0003	2,18
Erro Puro	0,1452	24	0,0005	
Total	24,3522	32		

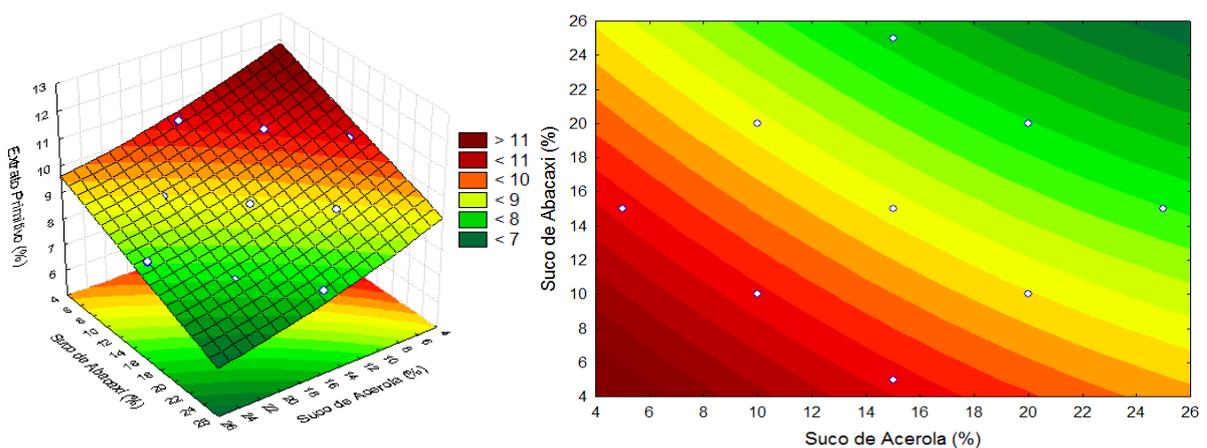
% variação explicada (R^2) = 0,9904; $F_{\text{tab}}(5;27;0,05) = 2,57$

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,9904 e um F calculado de 104892,2; superior ao F tabelado para 3 graus de liberdade da regressão e 27 graus de liberdade de resíduos (2,57), a falta de ajuste não foi significativa, sendo o modelo matemático apresentado na equação 5 é válido.

$$EP = 9,13 - 0,53(\text{Acerola}) + 0,04(\text{Acerola})^2 - 0,62(\text{Abacaxi}) \quad (5)$$

A figura 7 apresenta o efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o extrato primitivo das cervejas.

Figura 7 - Superfície de resposta e curva de contorno da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o extrato primitivo das cervejas.



O extrato primitivo é maior quando há uma pequena adição das polpas de abacaxi e acerola, em percentuais máximos de 10% para cada uma, tendo valores superiores a 11% de extrato primitivo. Valores intermediários de extrato, variando de 10 a 8 foram obtidos com adição de valores de 12% a 18% de polpa.

4.2.3 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Extrato Aparente da Cerveja

A tabela 14 apresenta os coeficientes de regressão para o Extrato Aparente das cervejas.

Apenas o modelo linear da polpa de acerola foi significativa. Para a polpa de abacaxi os modelos lineares e quadráticos e o modelo de interação entre as variáveis também foi significativo. Todos os efeitos foram negativos, promovendo a redução do Extrato Aparente à medida que a quantidade das polpas é elevada.

Tabela 14. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Aparente.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	3,736491	0,008747	427,1720	0,000000
Acerola(L)*	-0,463889	0,009844	-94,2436	0,000000
Acerola(Q)	-0,161031	0,007762	-41,4908	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,391111	0,009844	-79,4580	0,000000
Abacaxi(Q)*	-0,206864	0,007762	-53,3002	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,215000	0,017051	-25,2183	0,000000

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

A tabela 15 apresenta a análise de variância do Extrato Aparente.

Tabela 15. ANOVA para a resposta Extrato Aparente.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	17,7853	5	3,5570	4078,75
Resíduos	0,4709	27	0,4044	
Falta de Ajuste	0,4500	3	0,5544	1,77
Erro Puro	0,0209	24	0,1500	
Total	17,1856	32		

% variação explicada (R^2) = 0,9726; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$.

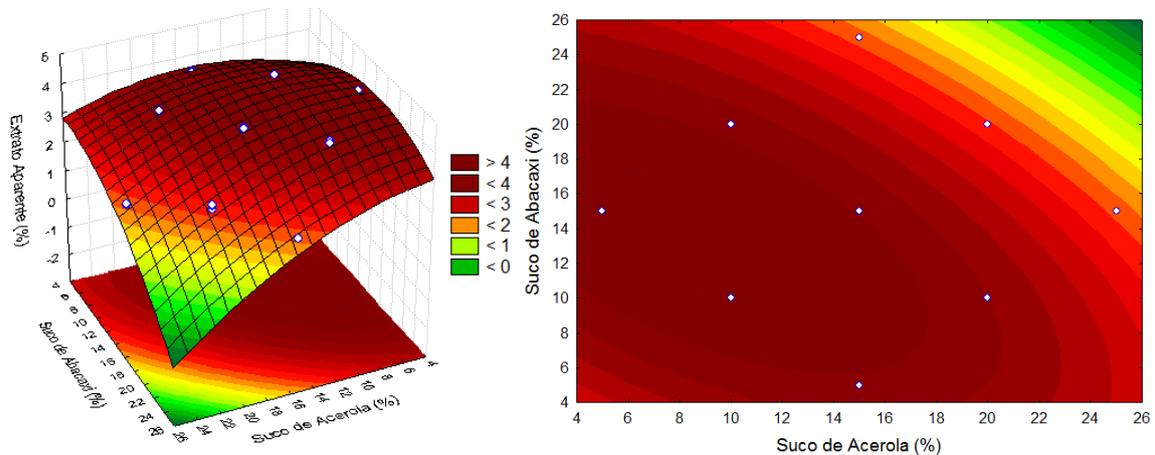
O modelo matemático gerado explica 97,26% dos resultados experimentais. O F calculado foi de 4078,75; sendo superior ao tabelado (2,57), a falta de ajuste não obteve significância, ao nível de 5%. Este modelo explica o comportamento do Extrato Aparente em função das polpas de abacaxi e acerola é apresentado pela equação 6.

$$EA = 3,73 - 0,46(\text{Acerola}) - 0,16(\text{Acerola})^2 - 0,39(\text{Abacaxi}) - 0,20(\text{Abacaxi})^2 - 0,21(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (6)$$

A figura 8 apresenta a superfície de resposta para o Extrato Aparente em função da polpa de abacaxi e acerola.

Foi observado um ponto de máximo para valores acima de 4% para o Extrato Aparente, que corresponde a uma faixa de 12% a 20% de polpa de abacaxi e de 4% a 20% de polpa de acerola. Foi observado baixos valores de extrato aparente quando a incorporação das polpas é superior a 20%.

Figura 8 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o Extrato Aparente das cervejas.



4.2.4 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Extrato Real da Cerveja

A tabela 16 apresenta os coeficientes de regressão para o Extrato Real das cervejas.

Tabela 16. Coeficientes de regressão para a resposta Extrato Real.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	3,421385	0,007137	479,3646	0,000000
Acerola(L)*	-0,176666	0,008033	-43,9863	0,000000
Acerola(Q)*	0,068084	0,006334	21,4989	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,243333	0,008033	-60,5849	0,000000
Abacaxi(Q)*	0,023084	0,006334	7,2893	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	0,016666	0,013913	2,3957	0,024740

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Todos os modelos, lineares e quadráticos e o modelo de interação foram significativos para a resposta ao extrato real. Os modelos lineares tiveram efeitos negativos, enquanto que os modelos quadráticos e o de interação foram positivos, devido ao parâmetro medir a quantidade malte utilizada primeiramente no processamento da amostra, onde nota-se uma diluição, pois quanto maior o teor de suco inserido no produto menor será seu valor.

A tabela 17 apresenta a análise de variância para o Extrato Real das cervejas.

Tabela 17. ANOVA para a resposta Extrato Real.

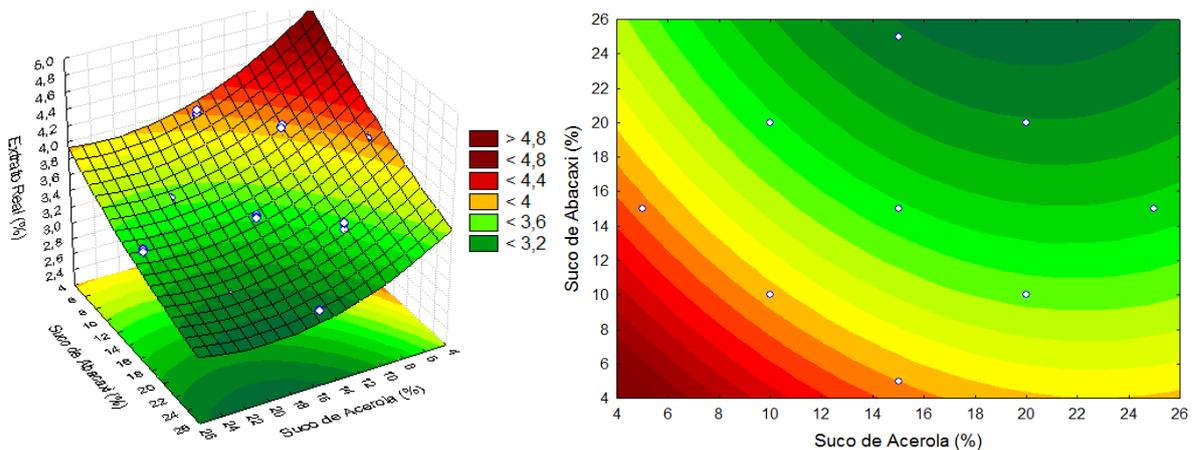
Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	3,5578	5	0,7115	191,44
Resíduos	0,1176	27	0,6277	
Falta de Ajuste	0,1046	3	0,6477	1,87
Erro Puro	0,0130	24	0,0200	
Total	3,6435	32		

% variação explicada (R^2) = 0,9674; $F_{\text{tab}}(5;27;0,05) = 2,57$.

A análise de variância explica 96,74% dos dados experimentais obtidos, o F calculado foi superior ao tabelado, de 2,57; a falta de ajuste não foi significativa, o modelo matemático apresentado na equação 7 explica o comportamento do Extrato Real em função das polpas de abacaxi e acerola.

$$\text{ER} = 3,42 - 0,17(\text{Acerola}) + 0,06(\text{Acerola})^2 - 0,24(\text{Abacaxi}) + 0,02(\text{Abacaxi})^2 - 0,01(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (7)$$

A figura 9 apresenta a superfície de resposta do Extrato Real em função de diferentes quantidades de polpa de abacaxi e acerola.

Figura 9 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola no Extrato Real das cervejas.

Foi observado uma tendência para o ponto de máximo quando estão relacionadas baixas quantidades de polpa de abacaxi e acerola, valores até 8% de cada fornecem Extrato Real acima de 4,8%. Também foi observada uma tendência de ponto de mínimo, para quantidades de 26% de polpa de abacaxi e de 16% a 24% de polpa de acerola, correspondente a valores abaixo de 3,2% de Extrato Real.

4.2.5 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no pH das Cerveja

A tabela 18 apresenta os coeficientes de regressão para o pH das cervejas.

Tabela 18. Coeficientes de regressão para a resposta pH.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	4,140702	0,001637	2529,189	0,000000
Acerola(L)*	-0,071389	0,001843	-77,488	0,000000
Acerola(Q)*	0,007248	0,001453	9,977	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,002944	0,001843	-29,247	0,000000
Abacaxi(Q)*	0,005164	0,001453	7,109	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,005833	0,003191	-3,656	0,001252

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Para o pH todos os efeitos dos modelos lineares, quadráticos e de interação foram significativos, ao nível de 5% de significância. Os modelos lineares e de interação apresentaram efeitos negativos, enquanto que os modelos quadráticos produziram efeitos positivos.

A tabela 19 apresenta a análise de variância para o pH das cervejas.

Tabela 19. ANOVA para a resposta pH.

Fonte Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,2146	5	0,0429	1406,08
Resíduos	0,0008	27	0,0001	
Falta de Ajuste	0,0001	3	0,0002	1,43
Erro Puro	0,0007	24	0,0001	
Total	0,2148	32		

% variação explicada (R^2) = 0,7910; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$

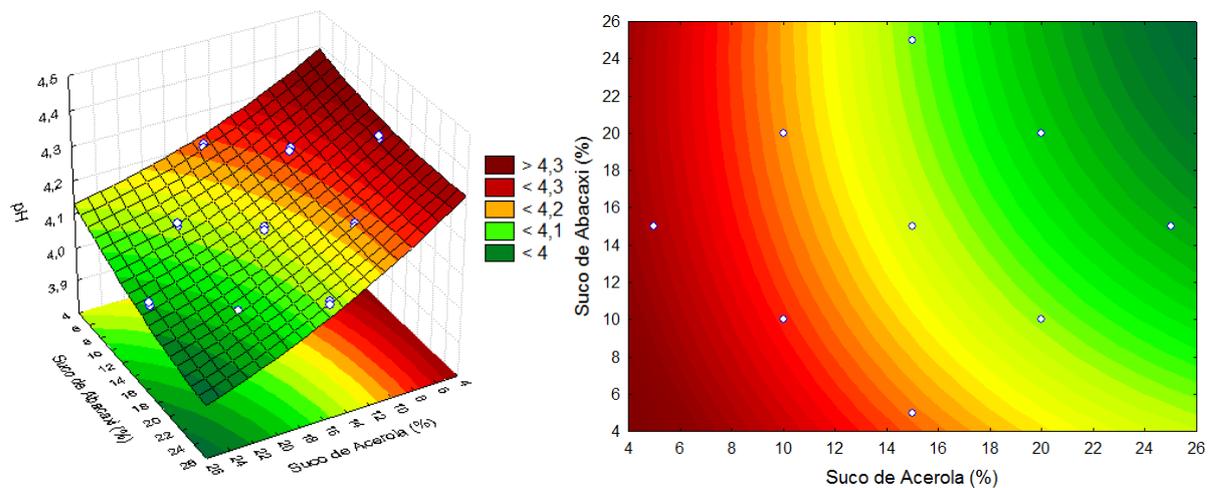
A análise de variância obteve um coeficiente de determinação de 0,7910 e um F calculado de 1406,08; 547 vezes superior ao F tabelado, de 2,57. A falta de ajuste não foi significativa. O modelo matemático apresentado pela equação 8 é válido estatisticamente, representando o comportamento do pH em função de diferentes concentrações de polpas de abacaxi e acerola.

$$\text{pH} = 4,14 - 0,07(\text{Acerola}) + 0,07(\text{Acerola})^2 - 0,002(\text{Abacaxi}) + 0,005(\text{Abacaxi})^2 - 0,005(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (8)$$

A figura 10 apresenta a superfície de resposta da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o pH das cervejas.

Verificou-se que a adição da polpa de abacaxi não promove influencia na redução do pH das cervejas, a incorporação de polpa de acerola promove o decréscimo do pH, para valores acima de 12%, o pH é inferior a 4,20 e para valores superiores a 20%, inferior a 4,00. Este fenômeno é explicado através da modelagem matemática, uma vez que os efeitos promovidos pela polpa de abacaxi são menores do que os apresentados pela polpa de acerola, portanto, pode-se afirmar que o pH das cervejas é mais sensível às modificações na quantidade de polpa de acerola.

Figura 10 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o pH das cervejas.



4.2.6 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Ácidos Totais da Cerveja

A tabela 20 apresenta os coeficientes de regressão para a acidez total.

Tabela 20. Coeficientes de regressão para a resposta acidez total.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	40,34294	0,067810	594,9410	0,000000
Acerola(L)*	1,56578	0,076318	41,0333	0,000000
Acerola(Q)	0,05773	0,060175	1,9188	0,066976
Abacaxi(L)*	1,52912	0,076318	40,0724	0,000000
Abacaxi(Q)	0,03107	0,060175	1,0325	0,312121
AcerolaxAbacaxi	-0,12752	0,132186	-1,9294	0,065592

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Foram observados apenas efeitos significativos para os modelos lineares das polpas, todos com efeitos positivos, ou seja, quanto maior a adição das polpas, maior é a acidez total

das cervejas, resultado que é esperado, uma vez que as frutas são ácidas. A tabela 21 apresenta a análise de variância sobre a acidez total das cervejas.

Tabela 21. ANOVA para a resposta acidez total.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	172,43	2	86,215	1644,76
Resíduos	7,3066	27	1,9637	
Falta de Ajuste	6,0485	3	2,0161	1,20
Erro Puro	1,2581	24	0,0524	
Total	180,1347	32		

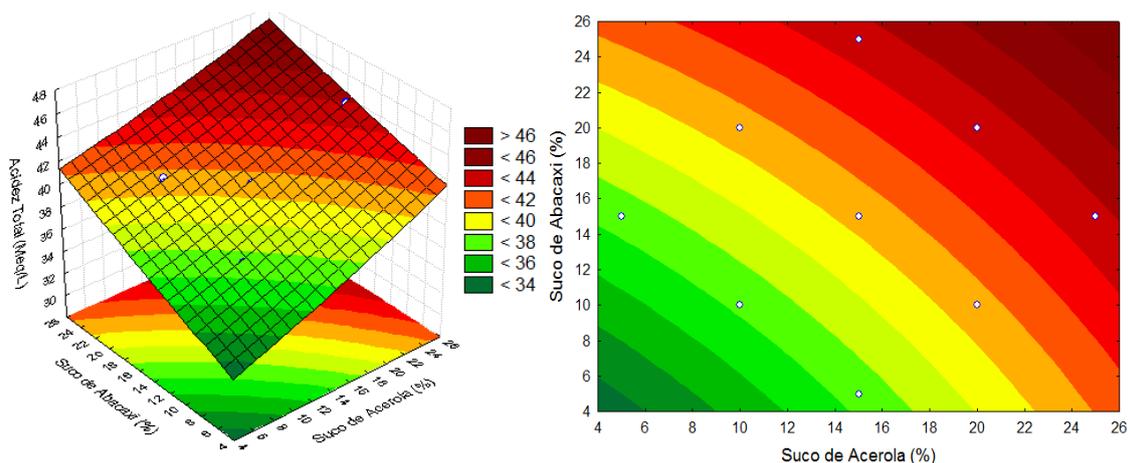
% variação explicada (R^2) = 0,9145; $F_{\text{tab}}(2;27;0,05) = 3,35$

A análise de variância obteve um coeficiente de determinação de 0,9145 e um F calculado superior ao F tabelado. A falta de ajuste não foi significativa, portanto, o modelo matemático que explica o comportamento da acidez total em função das polpas de abacaxi e acerola é apresentado na equação 9.

$$AT = 40,34 + 1,56(\text{Acerola}) + 1,52(\text{Abacaxi}) \quad (9)$$

A figura 11 apresenta a superfície de resposta da ação das polpas de frutas sobre a acidez total das cervejas.

Figura 11 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre a acidez total das cervejas..



A superfície obtida teve comportamento linear, devido a significância de apenas modelos lineares na composição da modelagem matemática. Verificou-se que a adição de quantidades de até 16% de polpa de abacaxi, combinadas com até 15% de acerola produzem cervejas com acidez total abaixo de 40 mEq/L. Para maiores incorporações das polpas, a acidez total tende a um ponto de máximo, com valores superiores a 46 mEq/L.

4.2.7 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Ácidos Voláteis da Cerveja.

A tabela 22 apresenta os coeficientes de regressão, erro puro, valores de t e p para o parâmetro Acidez Volátil, notando-se a influência significativa ($p \leq 0,05$) da polpa de abacaxi e de acerola tanto no modelo linear quanto no quadrático e na interação entre as variáveis.

Tabela 22. Coeficientes de regressão para a resposta Acidez Volátil.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	21,16538	0,043827	482,9339	0,000000
Acerola(L)*	0,79938	0,049325	32,4127	0,000000
Acerola(Q)*	0,12696	0,038892	6,5286	0,000001
Abacaxi(L)*	0,84473	0,049325	34,2513	0,000000
Abacaxi(Q)*	0,13446	0,038892	6,9143	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,15552	0,085434	-3,6406	0,001299

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

A tabela 23 apresenta a análise de variância para a Acidez Volátil das cervejas.

Tabela 23. ANOVA para a resposta Acidez Volátil.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	50,9621	5	10,1924	1284,012
Resíduos	2,4685	27	0,6277	
Falta de Ajuste	1,9433	3	0,6477	1,985
Erro Puro	0,5252	24	0,0200	
Total	52,8710	32		

% variação explicada (R^2) = 0,9533; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$.

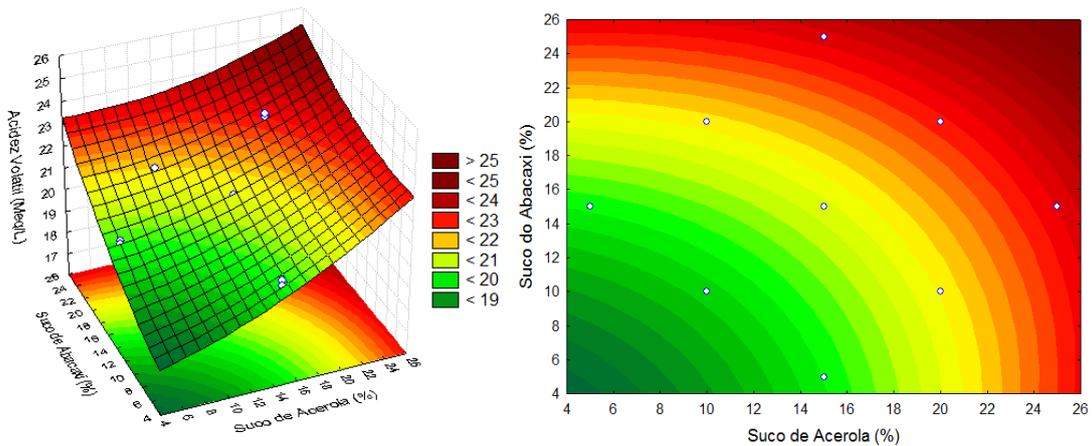
A análise de variância apresentou coeficiente de determinação satisfatório (0,9533) e um F calculado muito superior ao F tabelado, bem como a falta de ajuste não apresentou significância, o que valida o modelo matemático apresentado pela equação 10 que fornece o comportamento da Acidez Volátil em função de diferentes quantidades de polpa de abacaxi e de acerola.

$$\text{Acidez Volátil} = 21,16 + 0,79(\text{Acerola}) + 0,12(\text{Acerola})^2 + 0,84(\text{Abacaxi}) + 0,13(\text{Abacaxi})^2 - 0,15(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (10)$$

A figura 12 apresenta a superfície de resposta da ação das polpas de abacaxi e acerola no comportamento da Acidez Volátil das cervejas.

A Acidez Volátil das cervejas é elevada à medida em que a concentração das polpas de abacaxi e acerola são adicionadas. Observou-se uma tendência de maximização da acidez para valores maiores que 22% de polpa de abacaxi e 24% de polpa de acerola, correspondendo a valores acima de 25 mEq/L. Uma tendência para a região de mínimo foi observada em concentrações de até 8% de polpa de abacaxi e de acerola, com valores de Acidez Volátil abaixo de 19 mEq/L.

Figura 12 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola na Acidez Volátil das cervejas.



4.2.8 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Ácidos Fixos da Cerveja

A tabela 24 apresenta os coeficientes de regressão para a acidez fixa das cervejas.

Tabela 24. Coeficientes de regressão para a resposta acidez fixa.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	21,09653	0,066587	316,8247	0,000000
Acerola(L)*	0,57261	0,074942	15,2815	0,000000
Acerola(Q)*	0,25897	0,059090	8,7651	0,000000
Abacaxi(L)*	0,61372	0,074942	16,3787	0,000000
Abacaxi(Q)*	0,25855	0,059090	8,7510	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,19617	0,129803	-3,0225	0,005882

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Para a Acidez Fixa todos os modelos foram estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$), apenas o efeito de interação entre as variáveis o efeito foi negativo. A maior influência na modelagem matemática se deu pelos modelos lineares da acerola e do abacaxi.

A tabela 25 apresenta a análise de variância para a acidez fixa das cervejas.

Tabela 25. ANOVA para a resposta acidez fixa.

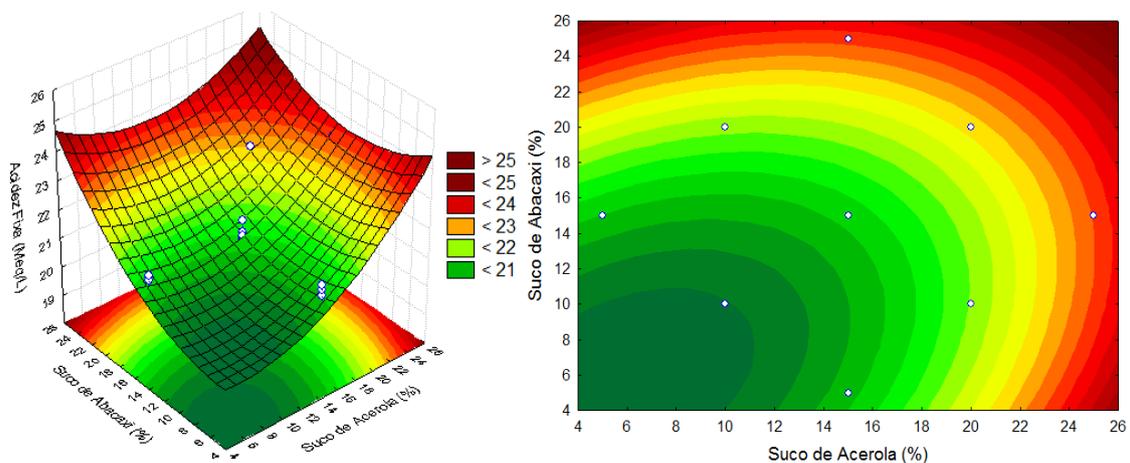
Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	33,576	5	6,7152	132,86
Resíduos	9,1866	27	2,6078	
Falta de Ajuste	7,9735	3	2,6578	1,64
Erro Puro	1,2131	24	0,0500	
Total	40,5630	32		

% variação explicada (R^2) = 0,7910; $F_{\text{tab}}(5;27;0,05) = 2,57$

O coeficiente de determinação encontrado foi de 0,7910 e um F calculado de 132,86; superior ao tabelado que é de 2,57. A falta de ajuste não foi significativa. Estas condições validam o modelo matemático apresentado na equação 11.

$$AF = 21,09 + 0,57(\text{Acerola}) + 0,25(\text{Acerola})^2 + 0,61(\text{Abacaxi}) + 0,25(\text{Abacaxi})^2 - 0,19(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (11)$$

A figura 13 apresenta a superfície de resposta da ação das polpas de abacaxi e acerola na Acidez Fixa.

Figura 13 – Efeito da polpa de abacaxi e acerola na Acidez Fixa das cervejas.

Verificou-se baixos níveis de Acidez Fixas, abaixo de 21,00 mEq/L, em concentrações de polpa de abacaxi até 10% e de até 11% de polpa de acerola. Esta condição é modificada quando as concentrações de abacaxi são superiores a 20%, elevando a acidez para valores de 23,00 mEq/L. Os maiores teores de acidez fixa foram encontrados em valores superiores a 25 mEq/L quando as concentrações de polpa são superiores a 22%.

4.2.9 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Sólidos Solúveis Totais da Cerveja

A tabela 26 apresenta os coeficientes de regressão para os sólidos solúveis totais.

Tabela 26. Coeficientes de regressão para a resposta sólidos solúveis totais (SST).

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	4,575439	0,004936	926,908	0,000000
Acerola(L)*	-0,363889	0,005556	-131,000	0,000000
Acerola(Q)*	-0,042215	0,004380	-19,274	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,180556	0,005556	-65,000	0,000000
Abacaxi(Q)*	-0,054715	0,004380	-24,981	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	0,191667	0,009623	39,837	0,000000

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Todos os efeitos foram significativos, ao nível de 5% de significância. Apenas o efeito de interação entre as variáveis foi positivo. A modelagem matemática sofreu maior influência do modelo linear da polpa de acerola, com um coeficiente de regressão de $-0,36$.

A tabela 27 apresenta a análise de variância para o sólidos solúveis totais.

Tabela 27. ANOVA para a resposta sólidos solúveis totais (SST).

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	6,6589	5	1,331	4793,91
Resíduos	1,4860	27	0,4929	
Falta de Ajuste	1,4794	3	0,4931	1,99
Erro Puro	0,0066	24	0,0002	
Total	8,0696	32		

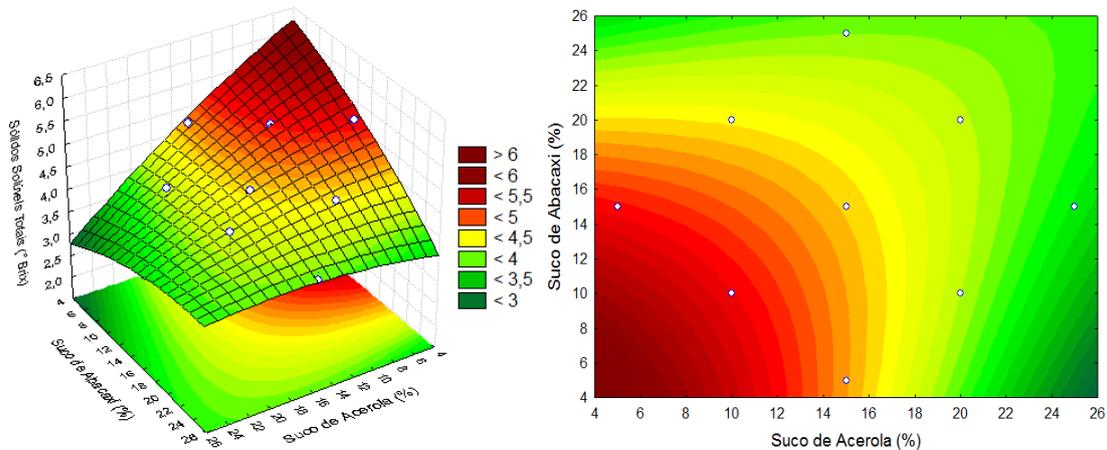
% variação explicada (R^2) = 0,8158; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$

A análise de regressão obteve um coeficiente de regressão de 0,8158 e um F calculado de 4793,91; 1865 vezes superior ao F tabelado (2,57). A falta de ajuste não foi significativa, o que valida estatisticamente a modelagem matemática apresentada pela equação 12 abaixo.

$$\text{SST} = 4,57 - 0,36(\text{Acerola}) - 0,04(\text{Acerola})^2 - 0,18(\text{Abacaxi}) - 0,05(\text{Abacaxi})^2 + 0,19(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (12)$$

A figura 14 apresenta a superfície de resposta sobre o efeito da ação das polpas de abacaxi e de acerola sobre os sólidos solúveis totais das cervejas.

Figura 14 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre os sólidos solúveis totais das cervejas.



Verificou-se uma maior concentração de sólidos solúveis totais para teores de até 8% de polpa de abacaxi e de 7% para a polpa de acerola, assumindo valores acima de 6 °brix. Este valor é reduzido para níveis abaixo de 4° brix em concentrações acima de 18% de polpa de acerola e de 20% de polpa de abacaxi. Este resultado é esperado uma vez que as polpas podem promover a diluição da cerveja, o que reduz o teor de sólidos solúveis.

4.2.10 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Açúcares Totais da Cerveja

A tabela 28 apresenta os coeficientes de regressão para o teor de Açúcares Totais das cervejas.

Tabela 28. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Totais.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	1,626667	0,003396	478,9815	0,000000
Acerola(L)*	-0,139444	0,001911	-72,9659	0,000000
Acerola(Q)	-0,003958	0,001507	-2,6269	0,014777
Abacaxi(L)*	-0,119444	0,001911	-62,5007	0,000000
Abacaxi(Q)*	-0,004375	0,001507	-2,9034	0,007798
AcerolaxAbacaxi	0,038333	0,003310	11,5807	0,000000

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Houve significância, ao nível de 5% de significância, de todos os modelos com exceção do modelo de interação entre as duas variáveis. Os efeitos lineares das polpas de abacaxi e acerola foram o de maior magnitude, todos os efeitos significativos foram negativos.

A tabela 29 apresenta a análise de variância para os Açúcares Totais.

Tabela 29. ANOVA para a resposta Açúcares Totais.

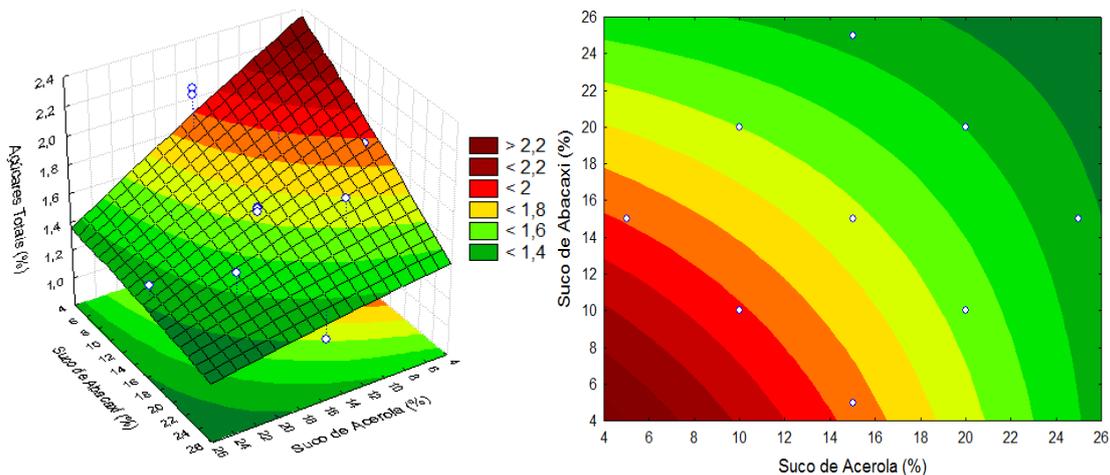
Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	1,2326	5	0,2465	1875,95
Resíduos	0,9128	27		
Falta de Ajuste	0,9097	3		2,01
Erro Puro	0,0031	24		
Total	2,1456	32		

% variação explicada (R^2) = 0,9884; $F_{\text{tab}(3;27;0,05)} = 2,96$.

O coeficiente de determinação obtido foi de 0,9884 e um F calculado bem superior ao F tabelado, que é de 2,96 para 5 graus de liberdade na regressão e 27 graus de liberdade nos resíduos. A falta de ajuste não foi significativa, sendo assim, o modelo matemático apresentado pela equação 13 tem validade estatística.

$$\text{Açúcares Totais} = 1,62 - 0,13(\text{Acerola}) - 0,003(\text{Acerola})^2 - 0,11(\text{Abacaxi}) - 0,004(\text{Abacaxi})^2 + 0,03(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (13)$$

A figura 15 apresenta o efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares totais das cervejas.

Figura 15 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares totais das cervejas.

Para incorporações de até 10% de polpa de abacaxi e 11% de polpa de acerola o teor de açúcares totais das cervejas é superior a 2,2%. Para valores superiores a 20% das polpas ocorre um decréscimo para teores de açúcares totais abaixo de 1,6%, mostrando que a adição das polpas colaborou para maior eficiência do processo fermentativo.

4.2.11 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Açúcares Redutores da Cerveja

A tabela 30 apresenta os coeficientes de regressão para o teor de Açúcares Redutores.

Tabela 30. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Redutores.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	1,080175	0,006934	155,7750	0,000000
Acerola(L)*	-0,010833	0,007804	-2,7763	0,010491
Acerola(Q)	-0,087511	0,006153	-28,4427	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,023056	0,007804	-5,9085	0,000004
Abacaxi(Q)*	-0,098761	0,006153	-32,0991	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	-0,024167	0,013517	-3,5757	0,001527

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Todos os efeitos foram significativos, ao nível de 5% de significância. Os modelos que tiveram maior peso na modelagem matemática foram os quadráticos da polpa de acerola e de abacaxi com coeficientes de $-0,08$ e $-0,09$, respectivamente.

A tabela 31 apresenta a análise de variância para os Açúcares Redutores.

Tabela 31. ANOVA para a resposta Açúcares Redutores.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	1,0376	5	0,2075	378,94
Resíduos	0,778	27	0,2632	
Falta de Ajuste	0,7911	3	0,2637	2,11
Erro Puro	0,0131	24	0,0005	
Total	1,5598	32		

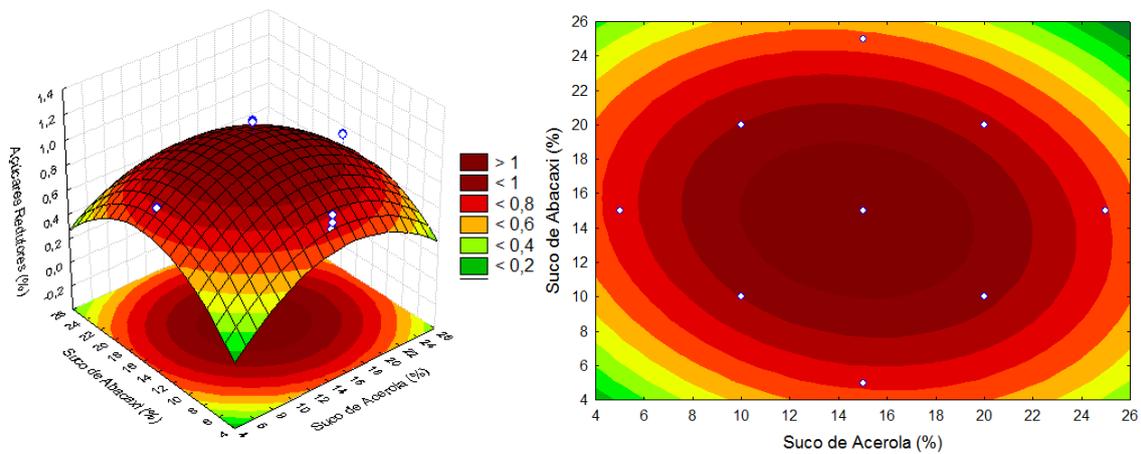
% variação explicada (R^2) = 0,9411; $F_{\text{tab}(5;27;0,05)} = 2,57$

O coeficiente de determinação foi de 0,9411 e um F calculado de 378,94; superior ao F tabelado que foi de 2,57. A falta de ajustes, com um F calculado de 2,11 não apresentou significância. Desta forma, o modelo matemático apresentado na equação xx é válido estatisticamente.

$$AR = 1,08 - 0,01(\text{Acerola}) - 0,08(\text{Acerola})^2 - 0,02(\text{Abacaxi}) - 0,09(\text{Abacaxi})^2 - 0,02(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (14)$$

A figura 16 apresenta o efeito das polpas de abacaxi e de acerola no teor de Açúcares Redutores.

Figura 16 – Efeito da adição das polpas de abacaxi e de acerola sobre o teor de açúcares redutores das cervejas.



Observou-se um ponto de máximo para teores de açúcares redutores superior a 1,0%, correspondendo a faixa de adição de 10% a 18% de polpa de abacaxi e de 10% a 20% de polpa de acerola. Em pequenas quantidades de adição de polpas o teor de açúcares totais é inferior a 0,4%.

4.2.12 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi nos Açúcares Não-Redutores da Cerveja

A tabela 32 apresenta os coeficientes de regressão para o teor de açúcares não-redutores.

Tabela 32. Coeficientes de regressão para a resposta Açúcares Não-redutores.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	0,546491	0,005563	98,2392	0,000000
Acerola(L)*	-0,128611	0,003130	-41,0846	0,000000
Acerola(Q)	0,083553	0,002468	33,8506	0,000000
Abacaxi(L)*	-0,096389	0,003130	-30,7913	0,000000
Abacaxi(Q)*	0,094386	0,002468	38,2397	0,000000
AcerolaxAbacaxi*	0,062500	0,005422	11,5271	0,000000

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Todos os modelos foram significativos para a o teor de açúcares não-redutores. Os modelos lineares produziram efeitos negativos, enquanto que os modelos quadráticos foram positivos, bem como o modelo de interação entre as variáveis.

A tabela 33 apresenta a análise de variância para o teor de açúcares não-redutores

Tabela 33. ANOVA para a resposta Açúcares Não-redutores.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	1,8958	5	0,3791	1075,40
Resíduos	1,5739	27	0,5215	
Falta de Ajuste	1,5655	3	0,5218	1,49
Erro Puro	0,0084	24	0,0003	
Total	3,2127	32		

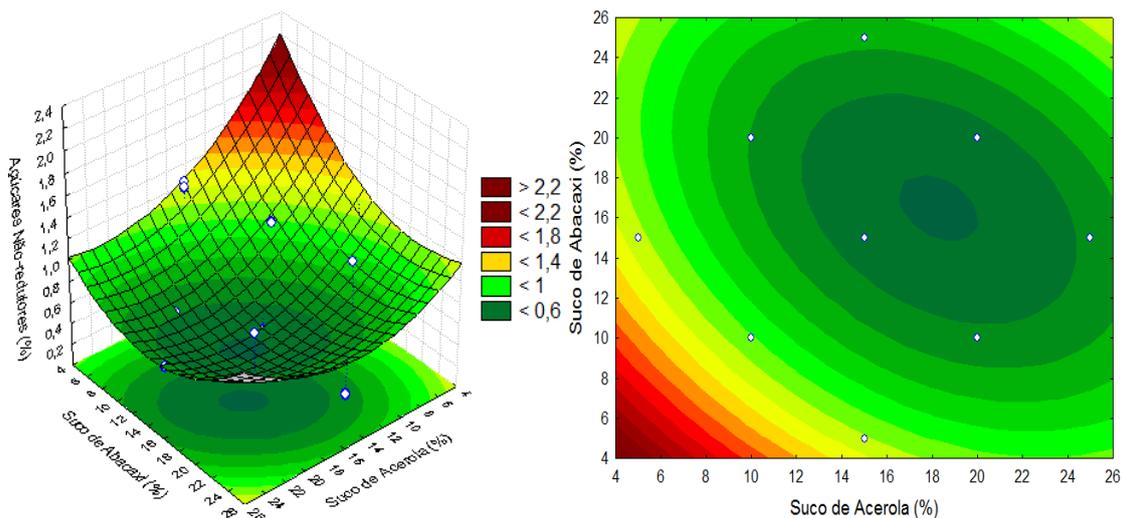
% variação explicada (R^2) = 0,9411; $F_{\text{tab}}(5;27;0,05) = 2,57$

A variação explicada pela análise de variância de 94,11% dos dados experimentais obtidos, o F calculado foi de 1075,40; superior ao F tabelado de 2,57. A falta de ajuste, com um F calculado de 1,49 não apresentou significância, o que valida estatisticamente o modelo matemático expresso na equação 15.

$$\text{ANR} = 0,54 - 0,12(\text{Acerola}) + 0,08(\text{Acerola})^2 - 0,09(\text{Abacaxi}) + 0,09(\text{Abacaxi})^2 + 0,06(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (15)$$

A figura 17 apresenta a superfície de resposta do efeito da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares não-redutores das cervejas.

Figura 17 - Efeito da ação das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de açúcares não-redutores das cervejas.



Pela análise da superfície de resposta observou-se um ponto de mínimo, para teores de açúcares não-redutores inferiores a 0,6%, este intervalo consiste em concentrações de polpa de abacaxi de 12 a 22% e de 14% a 24% de acerola. A maior concentração de açúcares não-

reduzidores consiste em teores acima de 2,2% para adição de até 8% de polpa de abacaxi e de até 6% para a polpa de acerola.

4.2.13 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Teor de Cinzas da Cerveja

A tabela 34 apresenta os coeficientes de regressão para o teor de cinzas das cervejas.

Tabela 34. Coeficientes de regressão para a resposta teor de cinzas.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	0,032825	0,000866	37,89471	0,000000
Acerola(L)*	-0,003414	0,000975	-7,00387	0,000000
Acerola(Q)	0,000280	0,000769	0,72795	0,473689
Abacaxi(L)*	-0,003250	0,000975	-6,66731	0,000001
Abacaxi(Q)	-0,000760	0,000769	-1,97716	0,059620
AcerolaxAbacaxi*	0,002917	0,001689	3,45457	0,002061

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Os coeficientes de regressão que foram significativos foram os que correspondem aos modelos lineares e de interação entre as variáveis. A tabela 35 apresenta a análise de variância para o teor de cinzas das cervejas.

Tabela 35. ANOVA para a resposta teor de cinzas.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,0009	3	0,0003	35,1445
Resíduos	0,0003	27	0,0000	
Falta de Ajuste	0,0001	3	0,0001	0,62
Erro Puro	0,0002	24	0,0001	
Total	0,0012	32		

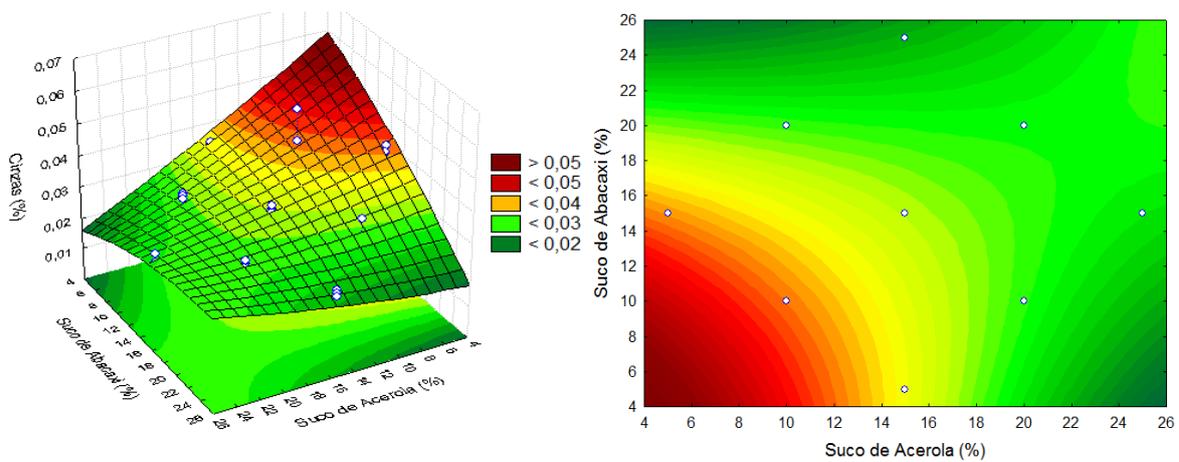
% variação explicada (R^2) = 0,7910; $F_{\text{tab}(3;27;0,05)} = 2,96$

A análise de regressão apresentou uma variação explicada de 79,10% e um F calculado de 35,14; que é superior ao F calculado, que é de 2,96. O F calculado pela falta de ajuste foi de apenas 0,62; não havendo significância, o que valida estatisticamente a modelagem matemática apresentada na equação 16.

$$C = 0,032 - 0,003(\text{Acerola}) - 0,003(\text{Abacaxi}) + 0,002(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (16)$$

A figura 18 apresenta o efeito da adição das polpas de abacaxi e acerola sobre o teor de cinzas das cervejas.

Figura 18 – Efeito da adição das polpas de abacaxi e de acerola sobre o teor de cinzas das cervejas.



De acordo com a superfície de resposta gerada, verificou-se que teor de cinzas é superior a 0,05% em baixas quantidades de polpas de abacaxi e acerola com um percentual de até 8%. Para valores maiores, há um decréscimo no teor de cinzas. Este resultado é esperado porque o teor de cinzas do malte é superior aos das polpas, que, com sua adição, diluem este percentual, o reduzindo.

4.3 Análises Microbiológicas das Cervejas processadas com abacaxi e acerola

Como mostra a Tabela 36, os resultados da análise de coliformes totais e termotolerantes e de bolores e leveduras apontaram valores mínimos destes microrganismos em todas as formulações de cervejas desenvolvidas. Este resultado se deve ao processo de pasteurização das cervejas, bem como o através do controle higiênico-sanitário durante o processamento, de modo a evitar a contaminação do produto ao longo da sua elaboração.

Tabela 36. Resultados para análises microbiológicas da cerveja

Amostras	Bolores e Leveduras UFC/mL	Coliformes Totais NMP/mL	Coliformes Termotolerantes NMP/mL
1	>10	>1	>1
2	>10	>1	>1
3	>10	>1	>1
4	>10	>1	>1
5	>10	>1	>1
6	>10	>1	>1
7	>10	>1	>1
8	>10	>1	>1
9	>10	>1	>1
10	>10	>1	>1
11	>10	>1	>1

4.4 Análise Sensorial das Cervejas processada com abacaxi e acerola

A tabela 37 apresenta os valores médios dos atributos sensoriais das cervejas e o teste de tukey.

Tabela 37. Valores médios dos atributos sensoriais das cervejas e teste de tukey.

Ensaio	Cor	Aroma	Sabor	Corpo	Aceitação Global	Intenção de Compra
1	6,28 ^c ±0,04	6,72 ^b ±0,03	5,50 ^e ±0,05	6,50 ^b ±0,05	6,06 ^b ±0,03	3,02 ^b ±0,04
2	6,04 ^e ±0,03	6,55 ^c ±0,02	5,20 ^f ±0,02	6,10 ^d ±0,03	5,80 ^e ±0,04	2,88 ^b ±0,05
3	6,33 ^b ±0,02	6,94 ^a ±0,05	6,16 ^a ±0,03	6,69 ^a ±0,03	6,20 ^a ±0,04	3,20 ^a ±0,04
4	6,22 ^b ±0,05	6,75 ^b ±0,04	6,00 ^c ±0,06	6,33 ^c ±0,04	5,77 ^e ±0,04	2,91 ^b ±0,05
5	6,38 ^a ±0,05	6,94 ^a ±0,03	6,12 ^a ±0,03	6,44 ^{bc} ±0,03	6,06 ^b ±0,06	3,22 ^a ±0,04
6	5,68 ^g ±0,03	6,05 ^e ±0,04	5,24 ^f ±0,07	5,74 ^e ±0,09	5,44 ^f ±0,04	2,48 ^d ±0,06
7	5,95 ^f ±0,03	6,20 ^d ±0,03	5,10 ^g ±0,05	6,04 ^d ±0,06	5,81 ^d ±0,03	2,59 ^c ±0,04
8	6,41 ^a ±0,05	6,82 ^{ab} ±0,02	5,88 ^d ±0,04	6,14 ^d ±0,04	6,03 ^b ±0,03	3,20 ^a ±0,05
9	6,08 ^e ±0,02	6,55 ^c ±0,03	5,46 ^e ±0,06	6,50 ^b ±0,04	5,92 ^c ±0,05	3,08 ^b ±0,03
10	6,18 ^d ±0,09	6,56 ^c ±0,03	5,43 ^e ±0,03	6,53 ^b ±0,05	5,91 ^c ±0,06	2,98 ^b ±0,02
11	6,12 ^d ±0,02	6,53 ^c ±0,05	5,41 ^e ±0,03	6,69 ^a ±0,02	5,95 ^c ±0,03	2,95 ^b ±0,02

¹Letras distintas em uma mesma coluna apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$).

As médias para a coloração da cerveja ficaram dentro da faixa de aceitabilidade positiva, que corresponde as notas de 6 a 9 na escala hedônica, com exceção dos ensaios 6 e 7, que obtiveram médias de 5,68 e 5,95; respectivamente, apesar de estarem fora desta zona os ensaios estão dentro do intervalo entre as notas “5 – nem gostei/desgostei da amostra” e “6 – gostei ligeiramente”. A maior média foi obtida pelo ensaio 8, com 6,41. As cervejas 3 e 4; 5 e 8; 10 e 11 não apresentaram diferenças significativas entre si.

Para o atributo aroma não houve diferenças significativas entre as cervejas 9, 10 e 11; 3 e 5; 1 e 4. Todas as médias para este atributo foram superiores a 6,00; portanto, independente da quantidade das polpas de frutas adicionadas, os aromas das cervejas foram bem aceitos pelos provadores. O sabor das cervejas teve médias variando de 5,10 (ensaio 7) a 6,16 (ensaio 3), quando a polpa de acerola foi adicionada em quantidade superior a de abacaxi, verificou-se uma redução nos valores hedônicos para o sabor.

A aceitabilidade do corpo das cervejas por parte dos provadores produziu médias que variaram de 5,74 (ensaio 6), sendo a única fora da faixa de aceitabilidade, a 6,69 (ensaios 3 e 11). O ensaio 6 apresenta a maior adição de polpa de acerola, que, pelo teor de sólidos

solúveis apresentados, podemos evidenciar que ela apresenta aspecto mais próximo da água do que a polpa de abacaxi, o que prejudicou o corpo da cerveja na opinião dos provadores. Não houve diferenças significativas entre as cervejas 3 e 11; 9 e 10; 7 e 8.

A aceitação global das cervejas variou de 5,44 para o ensaio 6 a 6,20 obtido pelo ensaio 3. Não apresentaram diferenças significativas, ao nível de 5% de significância as cervejas 2 e 4, portanto, a incorporação de maior quantidade de polpa de abacaxi não influenciou a aceitação; 5 e 8; 9, 10 e 11.

Para a intenção de compra apenas as cervejas 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 e 11 obtiveram médias, ao nível de 5% de significância, dentro da faixa de intenção de compra positiva, que corresponde às notas “4 – provavelmente compraria” e “5 – certamente compraria”. Portanto, a adição de polpa de abacaxi e acerola como adjuntos no processamento de cerveja, do ponto de vista sensorial e mercadológico, torna-se viável devido aos resultados sensoriais satisfatórios apresentados.

4.4.1 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi na Cor da Cerveja

A tabela 38 apresenta os coeficientes de regressão para a cor das cervejas.

Tabela 38. Coeficientes de regressão para a resposta Cor.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	6,169474	0,025820	238,9427	0,000018
Acerola(L)*	-0,145833	0,014530	-10,0369	0,009781
Acerola(Q)	-0,026842	0,011456	-2,3430	0,143869
Abacaxi(L)*	0,095833	0,014530	6,5957	0,022223
Abacaxi(Q)	0,010658	0,011456	0,9303	0,450427
AcerolaxAbacaxi	0,032500	0,025166	1,2914	0,325679

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Verificou-se que apenas os efeitos lineares da polpa de abacaxi e da polpa de acerola foram significativos e influenciaram às médias sensoriais da cor das cervejas, sendo os efeitos de magnitude negativa, ou seja, quanto maior a adição das polpas, menor as notas sensoriais apresentadas. Não foi observado o efeito de interação entre as variáveis.

A tabela 39 apresenta a análise de variância para a cor das cervejas.

Tabela 39. ANOVA para a resposta Cor.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,3592	2	0,1796	143,55
Resíduos	0,0603	7	0,0002	
Falta de Ajuste	0,0553	3	0,0018	1,99
Erro Puro	0,0050	2	0,0020	
Total	0,4542	10		

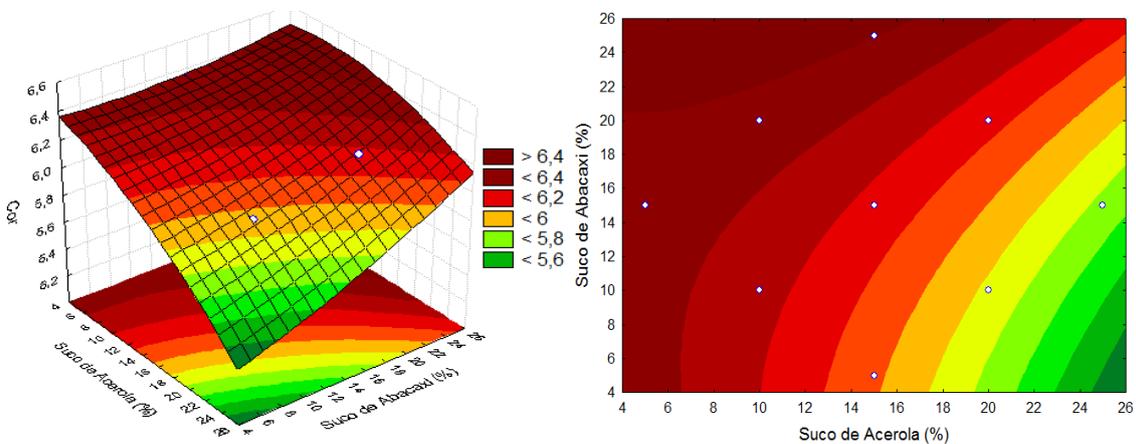
% variação explicada (R^2) = 0,86704; $F_{\text{tab}(2;7;0,05)}$ = 4,74.

O coeficiente de determinação foi de 0,86704 e um F calculado de 143,55; superior ao F tabelado de 4,10. Estes fatores validam o modelo matemático apresentado pela equação 17, que fornece o comportamento da coloração das cervejas em função das polpas de abacaxi e acerola.

$$\text{Cor} = 6,16 - 0,14(\text{Acerola}) - 0,09(\text{Abacaxi}) \quad (17)$$

A figura 19 apresenta as superfícies de resposta do comportamento da aparência em relação as diferentes quantidades de polpas de abacaxi e acerola adicionadas.

Figura 19 – Superfície de resposta do efeito da polpa de abacaxi e de acerola sobre a cor das cervejas.



Verificou-se que a incorporação de diferentes quantidades de polpa de abacaxi influenciaram positivamente a coloração das cervejas, quando correlacionada com até 10% de polpa de acerola os valores são superiores a 6,20; portanto, dentro da faixa de aceitabilidade positiva. No entanto, mantendo-se a concentração de polpa de abacaxi em, no máximo, 15% e elevando a quantidade de polpa de acerola para valores superiores a 12%, as médias hedônicas decrescem para valores abaixo de 6,00; chegando a uma zona de valores menores de 5,60 para polpas de acerola em concentrações acima de 24%.

4.4.2 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Aroma da Cerveja

A tabela 40 apresenta os coeficientes de regressão para o aroma das cervejas.

Tabela 40. Coeficientes de regressão para a resposta Aroma.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	6,637368	0,007836	847,0310	0,000001
Acerola(L)*	-0,178333	0,004410	-40,4422	0,000611
Acerola(Q)*	-0,018586	0,003477	-5,3454	0,033261
Abacaxi(L)*	0,138333	0,004410	31,3711	0,001015
Abacaxi(Q)*	-0,014836	0,003477	-4,2669	0,050779
AcerolaxAbacaxi	-0,005000	0,007638	-0,6547	0,579916

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Para o atributo aroma houve influencia dos modelos lineares e quadráticos das polpas de abacaxi e acerola, não foi observado efeito significativo do modelo de interação entre as variáveis. Os modelos significativos para a polpa de acerola tiveram efeito negativo, enquanto que o modelo linear da polpa de abacaxi teve efeito positivo e o quadrático, negativo.

A tabela 41 apresenta a análise de variância para o atributo aroma das cervejas.

Tabela 41. ANOVA para a resposta Aroma.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,6218	4	0,1554	2665,76
Resíduos	0,1708	7	0,0055	
Falta de Ajuste	0,1707	3	0,0056	2,12
Erro Puro	0,0001	2	0,0001	
Total	0,7904	10		

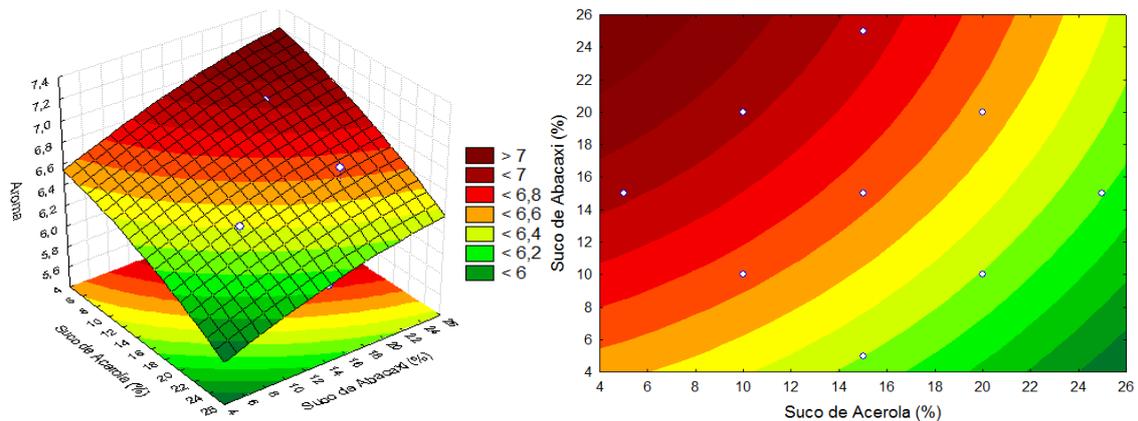
% variação explicada (R^2) = 0,78345; $F_{\text{tab}(4;7;0,05)} = 4,12$

O coeficiente de determinação foi de 0,78345 e um F calculado de 2665, 766 vezes superior ao F tabelado, além de não apresentar falta de ajuste significativa, o que valida a modelagem matemática apresentada na equação 18, que explica o efeito das polpas de frutas sobre o aroma das cervejas.

$$\text{Aroma} = 6,63 - 0,17(\text{Acerola}) - 0,01(\text{Acerola})^2 + 0,13(\text{Abacaxi}) - 0,01(\text{Abacaxi})^2 \quad (18)$$

A figura 20 apresenta o efeito das polpas de abacaxi e de acerola sobre o aroma das cervejas.

Figura 20 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o aroma das cervejas.



Através da superfície de respostas pôde ser observado que quantidades superiores a 18% da polpa de abacaxi e até 10% da polpa de acerola promovem valores superiores a 7,00 para o atributo aroma. Observou-se uma tendência de redução da aceitabilidade do atributo à medida em que a quantidade da polpa de acerola é elevada em detrimento da quantidade da polpa de abacaxi, em valores extremos, com teor de polpa de acerola acima de 20% e de no máximo 10% para a de abacaxi, os valores hedônicos estão na faixa inferior a 6,00; havendo uma tendência para a rejeição do atributo.

4.4.3 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Sabor da Cerveja

A tabela 42 apresenta os coeficientes de regressão para o sabor das cervejas.

Tabela 42. Coeficientes de regressão para a resposta Sabor.

	Coefficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	5,520000	0,012910	427,5774	0,000005
Acerola(L)*	-0,185000	0,007265	-25,4651	0,001539
Acerola(Q)*	0,056250	0,005728	9,8198	0,010212
Abacaxi(L)*	0,251667	0,007265	34,6418	0,000832
Abacaxi(Q)	0,008750	0,005728	1,5275	0,266201
AcerolaxAbacaxi	0,035000	0,012583	2,7815	0,108600

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Houve efeito significativos dos modelos lineares das polpas e quadráticos da polpa de acerola, também não foi observado o efeito de interação entre as variáveis.

A tabela 43 apresenta a análise de variância para o atributo sabor das cervejas.

Tabela 43. ANOVA para a resposta Sabor.

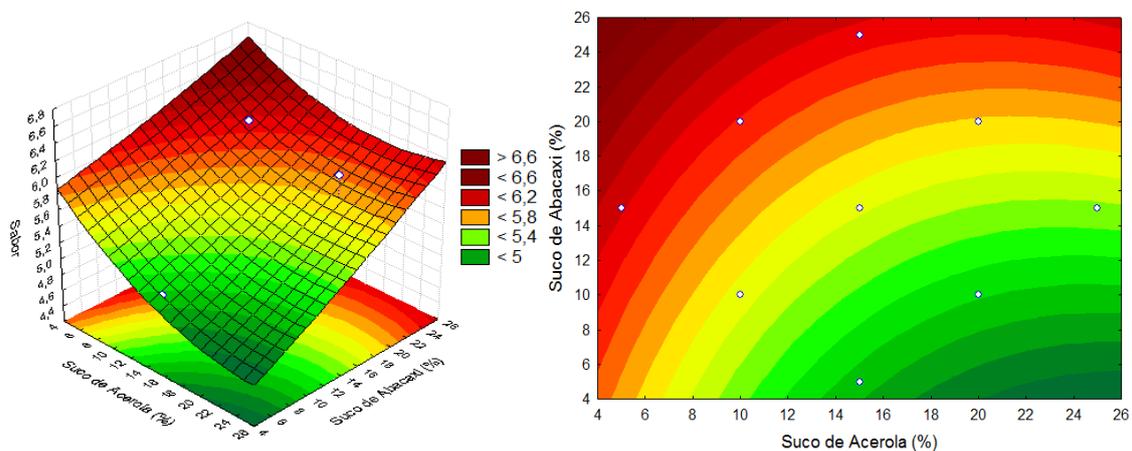
Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	1,2317	3	0,0518	1944,94
Resíduos	0,2145	7	0,0717	
Falta de Ajuste	0,2135	3	0,0711	1,75
Erro Puro	0,0010	2	0,0006	
Total	1,4559	10		

% variação explicada (R^2) = 0,85242; $F_{\text{tab}(3;7;0,05)} = 4,35$.

O modelo matemático, que é apresentado na equação 19, é válido mediante a análise de variância que apresentou um coeficiente de determinação de 0,85242 e um F calculado de 1944,94; a falta de ajuste também não foi significativa.

$$\text{Sabor} = 5,52 - 0,18(\text{Acerola}) + 0,05(\text{Acerola})^2 + 0,25(\text{Abacaxi}) \quad (19)$$

A figura 21 apresenta a superfície de resposta que relaciona o atributo sabor com as polpas de abacaxi e acerola.

Figura 21 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o sabor das cervejas.

Observou-se uma tendência de ponto de máximo para elevadas quantidades de polpa de abacaxi correlacionadas com pequenas quantidades de polpa de acerola, para valores médios acima de 6,60. Os ensaios que contém quantidades de acerola acima de 8,0% obtiveram redução nos seus valores de aceitabilidade para o sabor da cerveja, sendo abaixo de 5,80; portanto, fora da faixa de aceitabilidade. Para quantidades de polpa de acerola acima de 18% combinadas com quantidades de até 6% de polpa de abacaxi os valores ficam abaixo de 5,00; dentro da faixa de rejeição do atributo.

4.4.2 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi no Corpo da Cerveja

A tabela 44 apresenta os coeficientes de regressão para o corpo das cervejas.

Tabela 44. Coeficientes de regressão para a resposta Corpo.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	6,604211	0,052399	126,0379	0,000063
Acerola(L)*	-0,180000	0,029486	-6,1045	0,025801
Acerola(Q)*	-0,122763	0,023250	-5,2802	0,034046
Abacaxi(L)	0,051667	0,029486	1,7522	0,221832
Abacaxi(Q)*	-0,122763	0,023250	-5,2802	0,034046
AcerolaxAbacaxi	0,010000	0,051072	0,1958	0,862855

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Foram observados efeitos significativos nos modelos quadráticos de ambas as polpas e o linear da polpa de acerola. Todos os efeitos foram negativos, portanto, a relação é inversamente proporcional: quanto maior a quantidade das polpas é adicionada, menor são as médias hedônicas para o corpo das cervejas.

A tabela 45 apresenta a análise de variância para a reposta.

Tabela 45. ANOVA para a resposta Corpo.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,3880	3	0,1293	93,02
Resíduos	0,0513	7	0,0001	
Falta de Ajuste	0,0312	3	0,0104	2,11
Erro Puro	0,0201	2	0,0105	
Total	0,8890	10		

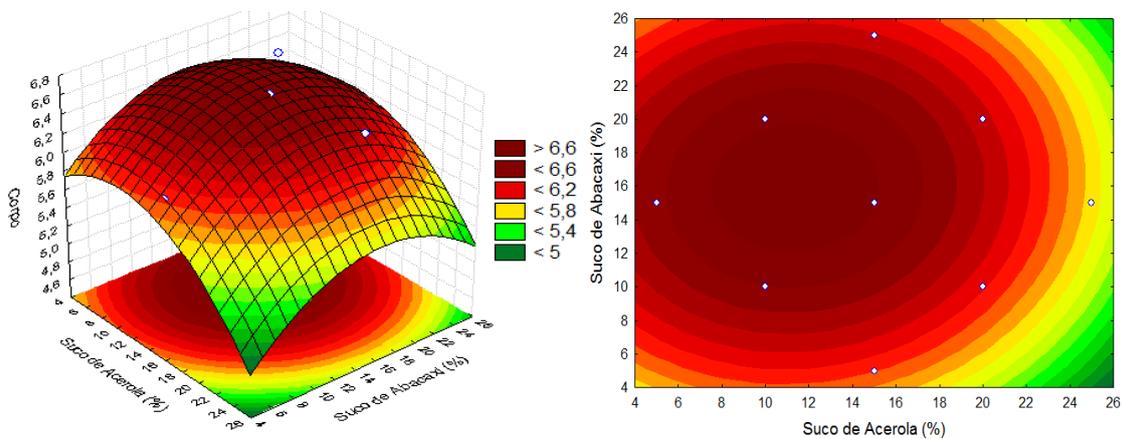
% variação explicada (R^2) = 0,94143; $F_{\text{tab}(3;7;0,05)} = 4,35$.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,94143 e um F calculado de 93,02; sendo 25 vezes maior do que o F tabelado e falta de ajuste não significativa, portanto, o modelo matemático que representa o efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre o corpo da cerveja é válido e apresentado na equação 20.

$$\text{Corpo} = 6,60 - 0,18(\text{Acerola}) - 0,12(\text{Acerola})^2 - 0,12(\text{Abacaxi})^2 \quad (20)$$

A figura 22 apresenta a superfície de resposta do atributo corpo das cervejas em função das polpas de abacaxi e acerola.

Figura 22 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola no corpo das cervejas.



Através da análise da superfície de resposta foi possível obter a visualização de um ponto de máximo que corresponde à médias hedônicas superiores a 6,60; para adição de polpas de acerola da ordem de 8% a 15% e 14% a 19% de abacaxi. Para valores extremos de abacaxi e de acerola, as médias hedônicas decrescem para valores abaixo de 5,8; fora da faixa de aceitabilidade.

4.4.5 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi na Aceitação Global da Cerveja

A tabela 46 apresenta os coeficientes de regressão para a aceitação global das cervejas.

Tabela 46. Coeficientes de regressão para a resposta Aceitação Global.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	5,958947	0,010679	558,0207	0,000003
Acerola(L)*	-0,160833	0,006009	-26,7643	0,001393
Acerola(Q)*	-0,046184	0,004738	-9,7472	0,010362
Abacaxi(L)*	0,045833	0,006009	7,6271	0,016759
Abacaxi(Q)	-0,003684	0,004738	-0,7776	0,518207
AcerolaxAbacaxi*	-0,042500	0,010408	-4,0833	0,055069

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Foram observado efeitos significativos para os modelos lineares e quadrático para a polpa de acerola, também foi observado o modelo de interação entre as polpas das frutas. Todos os efeitos significativos foram negativos, sendo o linear da acerola o de maior magnitude.

A tabela 47 apresenta a análise de variância para a aceitação global das cervejas.

Tabela 47. ANOVA para a resposta Aceitação Global.

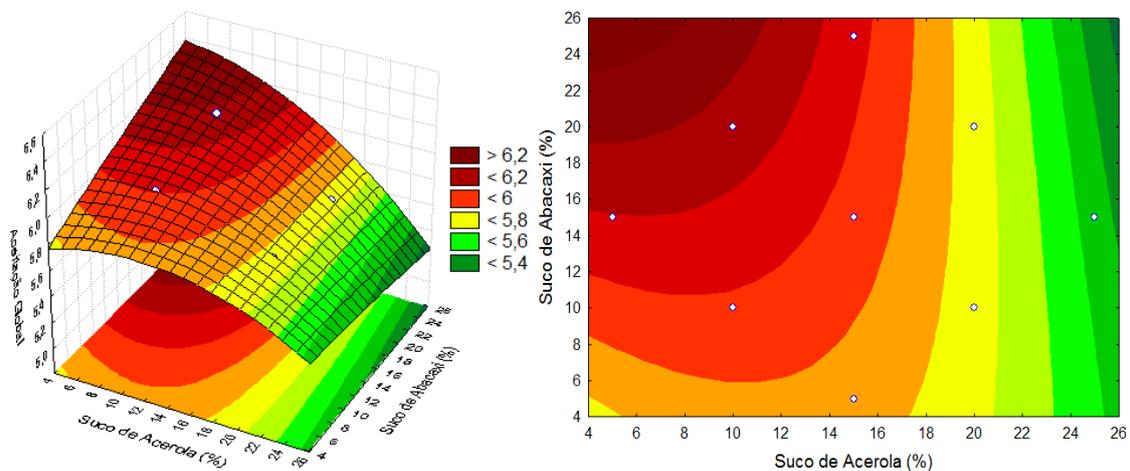
Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,3754	4	0,1253	869,49
Resíduos	0,0174	7	0,0001	
Falta de Ajuste	0,0173	3	0,0005	1,75
Erro Puro	0,0001	2	0,0004	
Total	0,4074	10		

% variação explicada (R^2) = 0,95448; $F_{\text{tab}}(4;7;0,05) = 4,12$.

A análise de variância apresentou um coeficiente de determinação de 0,95448 e um F calculado de 869,49; o F tabelado para 4 graus de liberdade da regressão e 10 graus de liberdade total é de 3,48; satisfazendo a condição de ser menor que o F tabelado, portanto, a modelagem matemática apresentada na equação 21 é válida e demonstra o comportamento da aceitação global em função das polpas de abacaxi e acerola.

$$\text{Aceitação Global} = 5,95 - 0,16(\text{Acerola}) - 0,04(\text{Acerola})^2 + 0,04(\text{Abacaxi}) - 0,04(\text{Abacaxi} \times \text{Acerola}) \quad (21)$$

A figura 23 apresenta a superfície de resposta a aceitação global em função das polpas de frutas.

Figura 23 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola sobre a Aceitação global das cervejas.

Verificou-se uma tendência de maximização das médias hedônicas para a aceitação global para valores acima de 6,20 quando há a incorporação de quantidades maiores que 20% de polpa de abacaxi e de até 10% de polpa de acerola. Para valores inferiores a 14% de polpa de abacaxi as médias hedônicas decrescem e também à medida que a concentração da polpa de acerola é elevada, tendo valores inferiores a 5,8 a partir de 18%, independente da quantidade de polpa de abacaxi.

4.4.6 Efeito da adição de Acerola e Abacaxi na Intenção de Compra da Cerveja

A tabela 48 apresenta os coeficientes de regressão para a intenção de compra das cervejas.

Tabela 48. Coeficientes de regressão para a resposta Intenção de Compra.

	Coeficientes de regressão	Erro Puro	t (24)	p – valor
Média*	3,030526	0,034918	86,78868	0,000133
Acerola(L)*	-0,159167	0,019650	-8,10020	0,014901
Acerola(Q)	-0,040033	0,015494	-2,58385	0,122796
Abacaxi(L)*	0,119167	0,019650	6,06455	0,026129
Abacaxi(Q)	-0,028783	0,015494	-1,85774	0,204320
AcerolaxAbacaxi	-0,037500	0,034034	-1,10183	0,385404

*fatores estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$)

Os efeitos significativos observados para a intenção de compra das cervejas foram os modelos lineares para as polpas, não houve efeitos quadráticos e nem de interação. A polpa de acerola promoveu efeito negativo, enquanto que a polpa de abacaxi teve efeito positivo na intenção de compra.

A tabela 49 apresenta a análise de variância para a intenção de compra das cervejas.

Tabela 49. ANOVA para a resposta Intenção de Compra.

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F calculado
Regressão	0,4780	2	0,2390	102,38
Resíduos	0,0541	7	0,0136	
Falta de Ajuste	0,0532	3	0,0177	1,89
Erro Puro	0,0009	2	0,0041	
Total	0,5770	10		

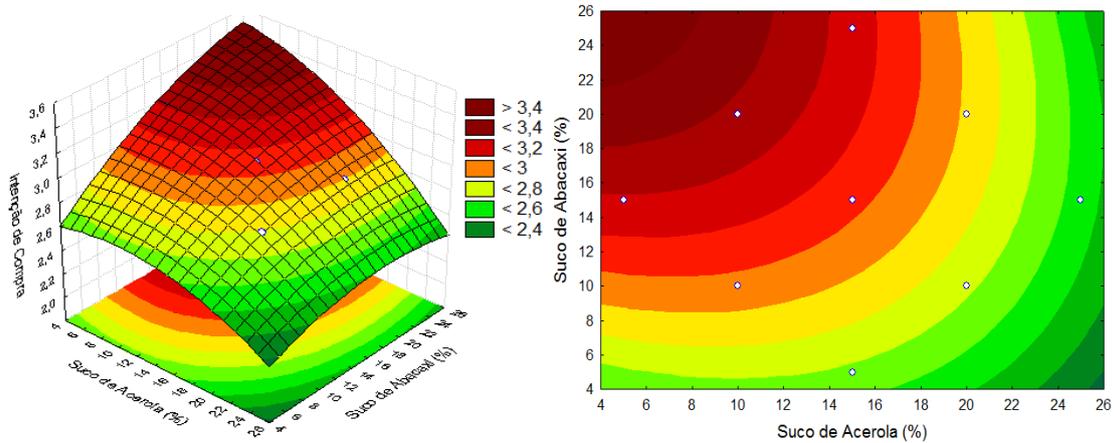
% variação explicada (R^2) = 0,89175; $F_{\text{tab}(2;7;0,05)} = 4,74$.

A análise de variância obteve um coeficiente de determinação de 0,89175 e um F calculado de 102,38; superior ao F tabelado que foi de 4,10. A falta de ajuste não foi significativa, o que valida a modelagem matemática da intenção de compra em função das polpas de abacaxi e acerola, que é apresentada na equação 22.

$$\text{Intenção de Compra} = 3,03 - 0,15(\text{Acerola}) + 0,11(\text{Abacaxi}) \quad (22)$$

A figura 24 apresenta a superfície de resposta que mostra o comportamento da intenção de compra em função das polpas de abacaxi e acerola.

Figura 24 – Efeito das polpas de abacaxi e acerola na intenção de compra das cervejas.



Observou-se uma tendência de ponto de máximo para valores acima de 18% de polpa de abacaxi e de até 10% de polpa de acerola, esta zona corresponde a valores superiores a 3,40 de intenção de compra. Pequenas quantidades de polpa de abacaxi reduzem este atributo, uma vez que a polpa de acerola mostrou-se prejudicial à intenção de compra das cervejas.

5 CONCLUSÃO

A utilização das polpas de abacaxi e acerola como adjuntos no processamento de cerveja apresenta-se como uma alternativa viável para o processo de fabricação de cerveja artesanal. As características físico-químicas, químicas e a avaliação sensorial, definiram o produto como uma cerveja ácida/frutada.

As polpas de frutas quando adicionadas a até um percentual de 16% promovem uma melhoria na qualidade dos atributos sensoriais

O processo de fabricação de cerveja com adição da polpa de fruta utilizado neste estudo mostrou-se eficiente em relação aos aspectos microbiológicos.

Concluiu-se que as cervejas adicionadas com maior percentual de polpa de abacaxi apresentam maior similaridade com as cervejas convencionais tipo *Pilsen*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA e SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, G. W. **Tecnologia de Bebidas**. São Paulo: Blucher, 2005.

ALMEIDA, J.I.L.; LOPES, J.G.V.; OLIVEIRA, F.M.M. Produtor de acerola. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 40p. 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS Official Methods of Analysis. 16 ed. Washington: AOAC, 2006. v. 2.

BAMFORTH, C. W. **Beer – A quality perspective**. USA: Elsevier, 2009.

BAMFORTH, C. W. **Food, Fermentation and microorganisms**. Blackweel: Science a Blackweel Publishing, 2005.

BATISTA, P. F. Qualidade, Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Frutas Produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. Mossoró, 2010. 162f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia, Área de concentração: Agricultura Tropical). Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Mossoró – RN. 2010.

BEERLIFE. **Ingredientes**. 2009. Disponível em: <http://www.beerlife.com.br/portal/default.asp?id_texto=22>. Último acesso: 04/01/2015.

BERNSTEIN, L.; WILLOX, I. C. Água. In: BRODERICK, H. M. (Dir.). El cervecero en la practica: un manual para la industria cervecera. 2. ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 2, p.18-28.

BEZZI, M. A. **Tribuna**. De prima pobre, a cerveja agora é bebida fina. 2009. Disponível em: <http://www.tribunatp.com.br/modules/news/article.php?storyid=3096>. Acesso em: 01/12/2014.

BREJAS. **Cervejas especiais**. Disponível em: <<http://www.brejas.com.br/cervejas-especiais.shtm>> Acesso em: 08/12/2014.

BORZANI, W. **Biotechnologia industrial**. vol. 4. São Paulo: E. Blücher, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Disponível em:

<http://gpex.aduaneiras.com.br/gpex/gpex.dll/infobase/atos/decreto/decreto6871_09/dec%206871_09_01.pdf>. Acesso em: 04/12/2014.

BLEINROTH, E. W. Matéria Prima. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; MARTIN, Z. J. de; SOUZA JUNIOR, A. J. de; LARA J. C. de; HASHIZUMET, T.; MORETTI, V. A.; MARQUES, J. F. Abacaxi: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1978, p. 69-94.

BRADEE, L. H. Adjuntos. In: BRODERICK, H. M. (Dir.). El cervecero en la practica: um manual para la industria cervecera. 2. ed. Lima: Graficas SUR, 1977. cap. 4, p. 53-82

CAETANO, P. K. Processamento Tecnológico e Avaliação Energética de Geleia de Acerola. Botucatu, 2010. 94f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu-SP.

CARVALHO, G. B. M. et al. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 3º parte: a maturação. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 27, p. 69-74, fev./mar. 2007.

CEREDA, M. P. **Cervejas**. In: AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. Alimentos e bebidas produzidas por fermentação. São Paulo: Edgar Blucher, 1985. p. 3-78.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. 2 ed. Lavras: Editora Ufla, 2005.

COOPER, R. G. **Produtos que dão certo**. São Paulo: Saraiva, 2013.

COSTA, A. G. V.; GARCIA-DIAZ, D. F.; JIMENEZ, P.; SILVA, P. I. S. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of functional foods**, v. 5, p. 539-549, 2013.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. cap. 2, p. 15-50.

DUTCOSKY, S. D. Análise Sensorial de Alimentos. 2ed. Curitiba: Champagat, 2011.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. **Analytica – EBC**. 5 ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.

ERTHAL A. D. **Microcervejaria**. SEBRAE, 2006.

FREITAS, C. A. S. de; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C. da; FIGUEIREDO, R. W. de; SOUSA, P. H. M. de. Acerola: Produção, Composição, Aspectos Nutricionais e Produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006

GONDIN, R. **Microcervejarias artesanais brigam por 1% do mercado**. Diário do Comércio. Minas Gerais, 01/nov/2011. Disponível em: <<http://www.diariodocomercio.com.br/index.php?id=68&conteudoId=102198&edicaoId=1030>>. Acesso em: 12/out/2014.

INTERNATIONAL COMMISSION on MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microorganisms in Foods**. 8 ed. 400p. 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do IAL: **Métodos químicos e físicos para análise de Alimentos**. 3. ed: São Paulo, 2005.

JANJAR, D. **Produção de cerveja**. Teresina, 2007. CD-ROM.

JAY, J.M. **Microbiologia de alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

KALNIN, J. L.; **Avaliação Estratégica para Implantação de Pequenas Cervejarias**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 1999.

KUCK, L. S. **Cerveja: Sabor e Aroma**. 2008. Disponível em: <http://files.wordpress.com/2009/08/cerveja_sabor_e_aroma.pdf> . Acesso em: 04/12/2014.

KUNZE, W. **Tecnología para cervecedores y malteros**. cap. 7, p. 826-885. Berlín: VLB Berlin, 2006.

LIMA, U.A . **Matérias-primas dos alimentos**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

MATOS, R. G. M. Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado. 2012. 78p. **Trabalho de Conclusão de Curso** – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2012.

MENEZES, A. R. V. DE; JÚNIOR, A. S.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R. DE; SAMPAIO, D. D. Estudo Comparativo do Pó da Acerola Verde (*Malpighia Emarginata* D.C) Obtido em Estufa por Circulação de Ar e por Liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.1-8, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 463-470, 2002

PALMER, J. **How to Brew**. 1999. Disponível em: <http://howtobrew.homebrewer.com.br/index.php/P%C3%A1gina_principal>. Acesso em: 04/12/2014.

PRADO, A. Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. Piracicaba, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo – SP. 2009.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão, 2009.

SANTOS, I. J. et al. Expressão da alfa e beta amilase durante a germinação de cevada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v 12. n.1. p.67-73. 2010.

SEGTOVIC, E. C. dos S.; BRUNELLI, L. T. ; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical and sensorial evaluation of a fermented West indian cherry beverage. **Brazilian Journal Food Technologic**. vol. 16, n.2, p.147-154. 2013.

SEIDL, C. **O catecismo da cerveja**. São Paulo: Senac, 2003.

SICUBE. **Sistema de Controle de Produção de Bebidas**. Receita Federal. <http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/LegisAssunto/Sicobe.htm>. Acesso em 04/12/2014.

SILVA, W. S. da. Qualidade e Atividade Antioxidante em Frutos de Variedades de Aceroleira. Fortaleza, 2008. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Ceará – UFC. 2008.

SINDICERV – **Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja**. Panorama de Mercado Cervejeiro Brasileiro. Disponível em:<<http://www.sindicerv.com.br/mercado.php>>. Acesso em: 30/11/2014.

SLEIMAN, M; VENTURINI FILHO, W. G.; DUCATTI C.; NOJIMOTO T. Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 163-172. 2010.

SOARES, N. Tempo de mudança. **Engarrafador Moderno**, São Caetano do Sul, n. 205, p 14.22, 2011. Disponível em:

<http://www.engarrafadormoderno.com.br/edicoes/Edicao_205.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2014.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO. Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação – NEPA. 4. ed. revisão e ampliada. UNICAMP - Campinas: 2011. 161p

TECHAKRIENGKRAIL, I. et al. Relationships of sensory bitterness in lager beers to iso-alfa-acid contents. **Journal of the Institut of Brewing**, v. 110, n.1, p. 51-56, 2004

TELES, J .A. Estudo da produção de mosto concentrado lupulado a partir de extrato de malte concentrado, xarope de alta maltose e Lúpulo. **Dissertação**. Universidade de Campinas – UNICAMP. 2007.

THÉ, P. M. P.; NUNES, R. P.; SILVA, L. I. M. M.; ARAUJO, B. M. Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. smooth cayenne recém colhido. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, p. 273-281, 2010.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: Aden, 2001.

USDA (National Nutrient Database for Standard). Release 16, july 2003. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl?acerola>. Acessado em: 20/11/ 2014.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Bebidas: Tecnologia, Química e Microbiologia**. 1 ed. Zaragoza: Acribia S.A., 1997.

VALENTE, P. P. S. S. (2007) Desidratação osmótica e secagem de abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merrill), variedade Pérola. Campinas, SP. Dissertação (mestre em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Matéria-prima, Processamento, BPF/APPCC, Legislação e Mercado**. São Paulo: E. Blucher, 2005, 550 p.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Bebidas alcoólicas**. v.1. São Paulo: Blucher, 2010.

WRIGHT, C. A. et al. Beer Consumer's perceptions of the Heath Aspects of Alcoholic Beverages. **Journal of Foof Science**, 73, 1953-1963. 2008.

ANEXO

Anexo A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar como voluntário, sem qualquer tipo de pagamento, da pesquisa intitulada “**DESENVOLVIMENTO E ACEITABILIDADE DE CERVEJA ADICIONADA DE ACEROLA E ABACAXI**”. Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos. Se você tiver algum problema de saúde relacionado à ingestão de **GLÚTEN, ÁLCOOL, ACEROLA e ABACAXI** tais como: **alergia, intolerância ou qualquer outro problema de saúde NÃO poderá participar dos testes.**

O propósito desta pesquisa é avaliar a aceitabilidade de vários atributos sensoriais de diferentes formulações de CERVEJA e da atitude de compra dos produtos. Os dados serão coletados por meio de uma ficha de avaliação sensorial através do teste de escala hedônica de 9 pontos e atitude de compra de 5 pontos. Os participantes receberão cinco amostras, irão provar e avaliar globalmente o produto e atribuir notas de 1 a 9 para as amostras servidas, sendo 1 correspondente a desgostei muitíssimo e 9 gostei muitíssimo. No teste de atitude de compra deverão informar o grau em que comprariam o produto.

Aqueles que fornecerem dados espontaneamente pós-esclarecimento terão suas identidades preservadas mesmo em publicações em documentos especializados nos meios de comunicação científico ou leigo.

O abaixo-assinado, _____, _____ anos, RG nº _____ declara que é de livre e espontânea vontade que está participando como voluntário da pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura tive oportunidade de fazer perguntas sobre o conteúdo do mesmo, como também sobre a pesquisa e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. Sei que poderei retirar meu consentimento a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Sou sabedor que terei todas as dúvidas respondidas pelo pesquisador responsável Luan Ícaro no telefone (85) 9674-5267 ou e-mail: luanicaroxd@hotmail.com

Fortaleza, __ de _____ de ____.

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Pesquisador

ATENÇÃO: Para informar qualquer questionamento durante a sua participação no estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará - Rua Coronel Nunes de Melo, 1127 Rodolfo Teófilo - Telefone: 3366-8344

Anexo B – Ficha Sensorial

Análise Sensorial de Cerveja adicionada de Acerola e Abacaxi - Recrutamento de Consumidores -

P _____

Nome: _____ Escolaridade: _____

Sexo ()M ()F Idade: () <18 () 18-25 () 25-35 () 35-45 () Acima de 45

Instruções para o teste sensorial:

Você está recebendo 5 amostras de Cervejas codificadas. Coloque as notas para cada característica de acordo com a escala abaixo.

9	Gostei MUITÍSSIMO	AMOSTRA	COR	AROMA	SABOR	CORPO	ACEITAÇÃO GLOBAL
8	Gostei Muito						
7	Gostei Moderadamente						
6	Gostei Ligeiramente						
5	Nem gostei, nem desgostei						
4	Desgostei Ligeiramente						
3	Desgostei Moderadamente						
2	Desgostei Muito						
1	Desgostei MUITÍSSIMO						

Instruções para o teste de intenção de compra:

Você está recebendo 5 amostras de Cervejas codificadas. Coloque uma nota de intenção de compra para cada amostra experimentada.

5	Certamente compraria	AMOSTRA	INTENÇÃO DE COMPRA
4	Provavelmente compraria		
3	Tenho dúvidas se compraria		
2	Provavelmente não compraria		
1	Certamente não compraria		