UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LAURA DE QUEIROZ BOMDESPACHO

**Avaliação sensorial descritiva de caldo de cana extraído de diferentes
cultivares**

Pirassununga
2018

LAURA DE QUEIROZ BOMDESPACHO

**Avaliação sensorial descritiva de caldo de cana extraído de diferentes
cultivares**

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutora em Ciências do programa de pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Petrus

Coorientadora: Profa. Dra. Judite Lapa Guimarães

Pirassununga

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e
Informação, FZEA/USP, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B695p Bomdespacho, Laura Queiroz
Avaliação sensorial descritiva de caldo de cana
extraído de diferentes cultivares / Laura Queiroz
Bomdespacho; orientador Rodrigo Rodrigues Petrus;
coorientadora Judite Lapa Guimarães. -- Pirassununga,
2018.
160 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos) -- Faculdade de Zootecnia
e Engenharia de Alimentos, Universidade de São
Paulo.

1. bebida não alcoólica. 2. pasteurização. 3.
envase asséptico. 4. vida de prateleira I.
Petrus, Rodrigo Rodrigues, orient. II.
Guimarães, Judite Lapa, coorient. III. Título.

Dedico...

A minha família.

Ao meu pai Elson Huguenezy e minha mãe Maria Aparecida

Bomdespacho.

As minhas irmãs Laurita Bomdespacho e Eleonora

Bomdespacho...

Primos Erlson e Alessandra

Ao Tio Lúcio, Estela e a Eliete

Minhas avós queridas Estelita e Benedita

Agradeço o apoio, compreensão da minha ausência, estímulo... e por

estar sempre presente em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador por me amparar e me guiar nessa fase da vida, sei que fui muito agraciada ao preparar um cantinho que eu pudesse ter um sono reparador, serenidade e que eu pudesse me desenvolver intelectualmente.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP, Pirassununga-SP), e ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos agradeço pela oportunidade da realização deste trabalho e formação profissional.

Ao meu querido Prof. Dr. Rodrigo R. Petrus, por confiar em meu trabalho, conceder oportunidade ímpar de ser sua aluna, desfrutar deste exemplo de humanidade, a preocupação demonstrada, compreensão e apoio, atuar ativamente ao meu lado, contribuindo para minha evolução intelectual.

À adorável Profa. Dra. Judite L. Guimarães por dar um novo curso ao projeto todo focado em análise sensorial e por ser minha co-orientadora. Sem dúvida esta realização e aprendizado não teriam acontecido sem sua presença e orientação.

À todos os membros da banca examinadora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida.

Agradeço as empresas Tecnocana Tecnologia em Cana Ltda, Baldin Bioenergia SA e Companhia Muller de Bebidas e produtores do interior Paulista pela doação da matéria-prima.

À Sandet[®] pela doação de detergentes industriais.

À Thech Desinfecção[®] pela doação de sanificante.

Ao Sr. Celso e Sra. Claudete por me auxiliar sempre que precisei no corte e na raspagem da cana.

À Carine Oliveira Silva por me confiar amizade e por me ensinar dar os primeiros passos na atividade prática do processamento de caldo de cana.

À Profa. Dra. Marta Kushida pelas orientações e doação de materiais de consumo utilizados na microbiologia.

À Profa. Dra. Maria Tereza de Alvarenga Freire pelo compartilhamento de equipamentos no Laboratório de Tecnologia de Sistemas de Embalagens.

Ao meu querido Técnico de laboratório, Fabinho, companheirismo dentro e fora da FZEA. Agradeço imensamente a amizade, simpatia e auxílios diários e na condução dos processamentos de cana na Planta Piloto de Processamento de Alimentos.

À Camila, César, Cintya, Cristina, Fábio, Fernanda, Francielle, Gustavo, Heloísa, Juliana, Letícia, Luiza, Keila, Melyssa, Nathalia, Nilson, Paulo, Rachel, Ricardo e Roice por fazerem parte da minha emocionante equipe de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ).

Agradeço de coração aos profissionais de Laboratório-Cunha, Nilson, Marcelo, Camila, Silvana, Roice, Guilherme, Rodrigo, Tatiana, Ana Mônica, Carla e Alan. Foram muitos laboratórios a qual recorri a fim de solicitar materiais e equipamentos. Todo experimento foi conduzido sem nenhum apoio financeiro, sem a ajuda desses anos seria impossível a realização do meu sonho de ser doutora.

Não posso deixar de mencionar e reconhecer o empenho do meu grupo de estagiários: Mariana, Thais, Lucas, Rafael, Henrique, Juliana, Bianca e Thiago. Espero eu tenha contribuído para formação de vocês.

À Família de Mattos Malta Pereira na qual fui adotada de coração, família em que convivi nesses três últimos anos em Pirassununga-SP. Só tenho a agradecer as conversas diárias, conforto e apoio espiritual.

Aos colegas e amigos que conquistei nestes longos 5 anos de FZEA, e que participaram de alguma forma de todas as conquistas que obtive até aqui. Citar nomes seria impossível, mas todos estão em meu coração. Obrigada!

Conservar a coragem na luta seja qual for a situação

Joana dos Angelis

RESUMO

BOMDESPACHO, L.Q. **Avaliação sensorial descritiva de caldo de cana extraído de diferentes cultivares**. 2018. 160f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

O presente trabalho de tese consistiu no processamento, na caracterização sensorial e no estudo da vida de prateleira de caldo de cana integral (pH~5,2) pasteurizado, extraído de oito cultivares: IAC 955000 (C1), SP 832847 (C2), RB 92579 (C3), RB 867515 (C4), CTC 9001 (C5), CTC 2 (C6), CTC 9003 (C7) e SP 813250 (C8). A bebida foi processada a 85 °C/30 s, acondicionada assepticamente em garrafas de polietileno tereftalato (PET) e armazenada a 7 °C, na ausência de luz. Para avaliar a qualidade do produto realizaram-se testes microbiológicos, físico-químicos, enzimáticos, sensoriais, análise instrumental de cor, determinação de viscosidade, compostos fenólicos e minerais. A caracterização sensorial da bebida foi realizada por meio das técnicas de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]), *Check All That Apply* (CATA) e Associação de Palavras. A estimativa do tempo de vida útil do produto foi baseada em testes microbiológicos e sensoriais. Na ADQ foram gerados 14 termos descritores para o caldo extraído dos oito cultivares de cana, a saber: aroma de rapadura, aroma natural de cana, aroma doce, aroma de caldo fermentado, sabor de rapadura, sabor de caldo de cana, adstringência, gosto doce, viscosidade aparente, turbidez, uniformidade, cor verde, cor marrom e corpo. Os resultados da ADQ indicaram que para os descritores cor verde, cor marrom, gosto doce, sabor de caldo de cana e corpo foram detectadas diferenças entre as amostras dos diferentes cultivares. O teste de aceitação com escala hedônica de nove pontos aplicado em conjunto com o teste CATA mostrou que as amostras de caldo obtidas a partir de C3, C4 e C6 alcançaram maior aceitabilidade, com notas entre 6 e 7. Na análise CATA empregaram-se 19 termos adaptados da terminologia descritiva da ADQ, relacionados à aparência, corpo, sabor, gosto doce e amargo e aromas de rapadura e doce. O teste estatístico Q de Cochran indicou que os consumidores diferenciaram as amostras de caldo de cana para a maioria dos atributos. Formaram-se três agrupamentos: (1) caldo de cana extraído de C2 e C5, (2) caldo de C1, C3, C6 e C8, caracterizado por gosto muito doce, aroma de fermentado e cor marrom, e (3) caldo de C4, que destacou-se dos outros principalmente por sua cor clara. Os descritores aroma de rapadura, homogeneidade

e aroma doce determinaram a aceitação, indicando que estas características são relevantes para os consumidores. No teste de associação de palavras foram avaliadas, como estímulos, imagens de bebidas não-alcoólicas como caldo cana, água de coco, suco de laranja, suco de uva, chá mate, refrigerante de guaraná e refrigerante de cola. Os termos gerados pelos consumidores foram agrupados em 13 dimensões: sensorial, tecnologia, consumo, econômico, psicológico, clima, social, marketing, meio ambiente, saúde, alimentos, pontos negativos e manchas. Verificou-se que o caldo de cana foi associado a várias dimensões como lugares, acompanhamento de alimentos, sabor, cor e também a imagem negativa, ficando mais relacionado às bebidas gaseificadas que aos outros tipos de bebidas. Os tempos de vida útil alcançados para o caldo de cana pasteurizado acondicionado em garrafas de PET, extraído dos cultivares estudados, variaram entre 1 e 40 dias sob estocagem a 7 °C, na ausência de luz. Esta pesquisa evidenciou diferenças significativas para algumas características do perfil sensorial do caldo de cana dos diferentes cultivares. A metodologia CATA foi mais eficiente que a ADQ em relação à diferenciação das amostras nas condições deste estudo. Ademais, observaram-se diferenças relativas às outras características de qualidade. Os cultivares C4, C6 e C8 foram os mais adequados à produção de caldo de cana para consumo direto.

Palavras-chave: Bebida não-alcoólica. Pasteurização. Envase asséptico. Vida de prateleira.

ABSTRACT

BOMDESPACHO, L.Q. **Descriptive sensory evaluation of sugarcane juice extracted from different cultivars**. 2018. 160p. Thesis (PhD) - College of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga/SP, 2018.

This study targeted the processing, sensory characterization and shelf life estimate of whole sugarcane juice (~ pH 5.2), extracted from eight cultivars: IAC 955000 (C1), SP 832847 (C2), RB 92579 (C3), RB 867515 (C4), CTC 9001 (C5), CTC 2 (C6), CTC 9003 (C7) and SP 813250 (C8). The juice was pasteurized at 85 °C/30 s, aseptically packed in polyethylene terephthalate (PET) bottles and stored at 7 °C in the dark. Microbiological, physicochemical, enzymatic, sensory, instrumental color, viscosity, phenolic compounds and mineral analyses were carried out to evaluate the product quality. The sensory characterization of pasteurized juice was performed by applying the “Quantitative Descriptive Analysis (QDA[®])”, “Check All That Apply (CATA)” and “Words Association” methodologies. The shelf life estimate was based on microbiological and sensory tests. The QDA provided 14 terms to describe the juice: molasses aroma, natural cane aroma, sweet flavor, fermented cane juice aroma, molasses flavor, cane juice flavor, astringency, sweet taste, apparent viscosity, turbidity, uniformity, green color, brown color and body. Differences among cultivars were observed as for the green color, brown color, sweet taste, cane juice flavor and body. The 9-point hedonic scale test, in conjunction with CATA, showed that the C3, C4 and C6 achieved the greatest acceptance, with scores between 6 and 7. In CATA analysis, 19 terms were adapted from the ADQ descriptive terminology and related to appearance, body, flavor, sweet and bitter taste and aromas. The Cochran's Q statistical test showed the panelists distinguished the cultivars in most attributes. Three clusters were formed: the 1 (C2 and C5) and 2 (C1, C3, C6 and C8), which were characterized by very sweet taste, fermented aroma and brown color, and the 3 (C4), which that stood out from the others for its light color. The molasses aroma, homogeneity and sweet aroma apparently guided the juice acceptance, indicating that these characteristics are relevant for the consumers. In the Words Association test, images of non-alcoholic beverages such as cane juice, coconut water, orange juice, grape juice, mate tea, guarana and cola soft drinks were evaluated as stimuli.

The terms selected by the panelists were grouped into 13 dimensions: sensory, technology, consumption, economic, psychological, climate, social, marketing, environment, health, food, negative aspects and spots. The cane juice was related to places, complementary foods, flavor, color and health effects. The shelf life of pasteurized cane juice from the eight cultivars widely ranged from 1 to 40 days, in PET bottles, stored at 7 °C in the dark. This study showed significant differences regarding some sensory characteristics of juice from different cultivars. The CATA methodology was more efficient than ADQ for differentiating the juice samples. Differences were also observed regarding the other quality characteristics of the juice obtained from different cultivars, suggesting C4, C6 e C8 the most suitable for juice production.

Keywords: Non-alcoholic beverage. Pasteurization. Aseptic packaging. Shelf life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura física da cana-planta	21
Figura 2 – Ciclo da Broca da cana, <i>Diatraea saccharalis</i> e <i>D. flavipennella</i> ...	22
Figura 3 – Colmo infectado por Broca na cana-de-açúcar.....	22
Figura 4 – Variedades de cana-de-açúcar.....	24
Figura 5 – Composição e significado do nome do cultivar IAC 95 5000	25
Figura 6 – Mapa da cana-de-açúcar no Brasil.....	28
Figura 7 – Marcas de caldo de cana disponíveis no mercado brasileiro	29
Figura 8 – Imagens da planta piloto utilizada para o processamento do caldo de cana	41
Figura 9 – Fluxograma experimental da produção do caldo de cana	42
Figura 10 – Reta padrão de ácido gálico para determinação quantitativa de compostos fenólicos totais	46
Figura 11 – Padrões de referência dos termos descritores	54
Figura 12 – Amostras servidas no teste CATA	55
Figura 13 – Estímulos oferecidos aos participantes no teste associação de palavras.....	56
Figura 14 – Imagens das amostras de caldo de cana <i>in natura</i> recém-extraído (esquerda) e pasteurizado (direita)	73
Figura 15 – Diferença Total de Cor (DTC) entre caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado extraído de diferentes cultivares	74
Figura 16 – Cores obtidas a partir da calculadora de cores EasyRGB (EASYRGB, 2016) ao longo da estocagem do caldo de cana a 10 °C na ausência de luz.....	76
Figura 17 – Variação dos parâmetros de cor: luminosidade (L*), chroma (C*), ângulo de Hue (H*) e diferença total de cor (DTC) para o caldo de cana extraído de diferentes cultivares, em relação aos valores iniciais, ao longo do período de estocagem a 10 °C na ausência de luz	77
Figura 18 – ACP para caldo de cana pasteurizado extraído de diferentes cultivares	85
Figura 19 – Preferência de consumo de derivados de cana-de-açúcar.....	87
Figura 20 – Frequência do consumo de caldo de cana	87

Figura 21 – Amostras e referências utilizadas durante a etapa de treinamento da análise descritiva quantitativa.....	90
Figura 22 – Perfis sensoriais dos caldos de cana pasteurizados	95
Figura 23 – Análise de correspondência dos dados do CATA.....	102
Figura 24 – Perfil dos consumidores do teste de associação de palavras (n=104).....	104
Figura 25 – Mapa bidimensional da análise de correspondência aplicada ao teste de associação de palavras para as bebidas não-alcoólicas	110
Figura 26 – Diferença Total de Cor (DTC) para as amostras de caldo de cana	119
Figura 27 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C no início do estudo de vida útil (t ₀)	123
Figura 28 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado 7 °C após 30 dias de estocagem	124
Figura 29 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C após 40 dias de estocagem	125
Figura 30 – Gomas formadas em caldo de cana pasteurizado após 30 dias de estocagem a 7 °C.....	127
Figura 31 – Micrografia de gomas contidas na amostra de caldo de cana do cultivar CTC 2(C6) com a técnica MEV(EDS)	128
Figura 32 – Micrografias de gomas secas contidas na amostra de caldo de cana nos cultivares CTC 9003 (esquerda) e RB 867515 (direita) pela técnica de MEV	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados do processamento de caldo de cana	61
Tabela 2 – Viscosidade de caldo de cana pasteurizados recém-processado. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão	62
Tabela 3 – Resultados das análises físico-químicas em caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado estocado a 0 °C	64
Tabela 4 – Teores de minerais (mg/mL) determinados em caldo de cana <i>in natura</i> extraído de diferentes cultivares. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão	68
Tabela 5 – Resultados das análises instrumentais de cor em caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado estocado a 0 °C	71
Tabela 6 – Comparação dos parâmetros de cor inicial (t_0) e final (t_6) do caldo de cana <i>in natura</i> estocado a 10 °C na ausência de luz. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão	75
Tabela 7 – Atividade (U/mL) de polifenoloxidase e peroxidase em caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado a 85 °C/30 s.....	79
Tabela 8 – Contagens microbianas (log UFC/mL) em caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado.....	81
Tabela 9 – Médias de notas obtidas nos testes de aceitação para caldo de cana pasteurizado estocado a 0 °C durante 7 dias	83
Tabela 10 – Terminologia, definição e referências geradas pela equipe de ADQ	89
Tabela 11 – Misturas servidas na seleção de avaliadores da equipe de ADQ	91
Tabela 12 – Níveis de significância (p) para avaliadores em função da discriminação das amostras (p de $F_{amostra}$) e em função da repetibilidade (p de $F_{repetição}$) na análise descritiva quantitativa	92
Tabela 13 – Comparação de médias dos atributos sensoriais obtidas para caldo de cana de diferentes cultivares	96
Tabela 14 – Médias obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos	98
Tabela 15 – Frequência de utilização dos atributos sensoriais do CATA pelos consumidores.....	99

Tabela 16 – Teste Q Cochran aplicado às frequências de seleção dos atributos/descriptores no teste CATA para avaliação de caldo de cana de diferentes cultivares	101
Tabela 17 – Frequência e consumo das bebidas não-alcoólicas pelos consumidores	105
Tabela 18 – Tabela de contingência mostrando frequência de menções por categorias e dimensões	107
Tabela 19 – Resultados dos testes físico-químicos em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C	113
Tabela 20 – Atividade das enzimas Polifenoxidase (PPO) e Peroxidase (PDO) em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C	115
Tabela 21 – Resultados dos testes de cor dos caldos de cana pasteurizados estocados a 7 °C	117
Tabela 22 – Médias das contagens (log UFC/mL) de mesófilos, bolores e leveduras e psicrotróficos em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C.....	120
Tabela 23 – Médias de aceitação para os tempos inicial e final do estudo de vida útil de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C	122
Tabela 24 – Estimativa de vida útil de caldo de cana pasteurizado, acondicionado assepticamente em garrafas de PET estocadas a 7 °C na ausência de luz.....	126

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
	2.1 Objetivo geral	19
	2.2 Objetivos específicos.....	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
	3.1 Cana-de-açúcar.....	20
	3.1.1 A cultura da cana e sua origem	20
	3.1.2 Morfologia da cana	20
	3.1.3 Sanidade e patologias	21
	3.1.4 Códigos genéticos dos cultivares	23
	3.1.5 Importância econômica	27
	3.1.6 Derivados da cana	28
	3.1.6.1 Caldo de cana.....	28
	3.1.6.1.1 Marcas disponíveis no mercado.....	29
	3.1.6.1.2 Benefícios à saúde.....	30
	3.1.6.1.3 Mecanismos de deterioração	31
	3.1.6.1.4 Tecnologias de processamento.....	32
	3.2 Avaliação sensorial	34
	3.2.1 Teste de escala hedônica.....	35
	3.2.2 Análise descritiva quantitativa (ADQ)	35
	3.2.3 Avaliação sensorial com caldo de cana.....	36
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
	4.1 Matéria-prima	39
	4.2 Processamento e envase	39
	4.2.1 Recepção da matéria-prima	39
	4.2.2 Higienização	39
	4.2.3 Extração do caldo de cana	40
	4.2.4 Processamento	40
	4.2.5 Assepsia das embalagens.....	40
	4.2.6 Envase asséptico	40
	4.3 Higienização da linha de processamento e envase	43
	4.4 Avaliação do caldo de cana <i>in natura</i> e recém-processado	43

4.4.1	Análises físico-químicas	43
4.4.1.1	pH	44
4.4.1.2	Sólidos Solúveis Totais	44
4.4.1.3	Acidez titulável	44
4.4.1.4	<i>Ratio</i>	44
4.4.1.5	Densidade	45
4.4.1.6	Viscosidade	45
4.4.1.7	Determinação de fenólicos totais	45
4.4.1.8	Minerais	47
4.4.2	Análise instrumental de cor	47
4.4.2.1	Estudo Cinético da degradação de cor do caldo <i>in natura</i>	47
4.4.3	Atividade enzimática.....	48
4.4.4	Avaliação microbiológica	49
4.4.4.1	Contagem total de aeróbios mesófilos.....	49
4.4.4.2	Bolores e leveduras	50
4.4.4.3	Contagem de aeróbios psicrotróficos.....	50
4.4.4.4	Coliformes a 45 °C e <i>Escherichia coli</i>	50
4.4.4.5	<i>Salmonella</i> sp	51
4.4.5	Testes sensoriais	51
4.4.5.1	Escala hedônica.....	51
4.4.5.2	Análise descritiva quantitativa (ADQ).....	52
4.4.5.2.1	Pré-seleção de voluntários	52
4.4.5.2.2	Testes de ordenação e dois em cinco	53
4.4.5.2.3	Desenvolvimento da terminologia descritiva	53
4.4.5.3	<i>Check all that apply</i> (CATA).....	54
4.4.5.4	Associação de palavras	55
4.5	Estudo de vida de prateleira.....	56
4.5.1	Critérios de corte	57
4.6	Análise morfológica de gomas	57
4.7	Análise estatística dos dados	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.1	Dados sobre os lotes processados	60

5.1.1	Análises físico-químicas	62
5.1.2	Minerais.....	67
5.1.3	Análise de cor.....	70
5.1.3.1	Cinética da degradação de cor do caldo de cana <i>in natura</i> ...	74
5.1.4	Atividade enzimática.....	78
5.1.5	Análise microbiológica do caldo de cana <i>in natura</i> e pasteurizado	80
5.1.6	Testes sensoriais	82
5.1.6.1	Teste de aceitação com escala hedônica	82
5.1.7	Análise de componentes principais (ACP) para os parâmetros físico-químicos e sensoriais	84
5.1.7.1	Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	86
5.1.7.1.1	Recrutamento da equipe	86
5.1.7.2	Seleção de avaliadores para a análise descritiva quantitativa	90
5.1.7.3	Análise das amostras pela ADQ	94
5.1.7.4	<i>Check all that apply</i> (CATA).....	97
5.1.7.5	Associação de palavras	103
5.1.8	Estudo de vida de prateleira.....	112
5.1.8.1	Testes físico-químicos	112
5.1.8.2	Testes enzimáticos	115
5.1.8.3	Análise de cor	117
5.1.8.4	Testes microbiológicos	119
5.1.8.5	Testes sensoriais.....	121
5.1.8.5.1	Teste de escala hedônica	121
5.1.8.6	Análise morfológica de gomas formadas durante a estocagem do produto.....	126
6	CONCLUSÕES.....	132
7	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	133
	REFERÊNCIAS	134
	APÊNDICE	146
	ANEXO	159

1 INTRODUÇÃO

O caldo de cana é uma bebida muito consumida no Brasil, comumente comercializada por vendedores ambulantes. Considerando-se o crescente interesse do setor agroindustrial por esta bebida, o desenvolvimento de tecnologias de processamento que promovam a sua segurança e estabilidade é imperativo para o sucesso do negócio. Acrescenta-se a esta premissa, a relevância do estudo do perfil sensorial do caldo de cana, com o objetivo de caracterizar as suas propriedades relativas à aparência, ao aroma, ao sabor e à textura oral.

O caldo de cana é caracterizado como um líquido opaco, de coloração parda a verde escura, de baixa acidez (pH 5,0-5,5), elevada atividade de água (0,99), composição variável em função da variedade, do estágio de maturação, do solo, das condições climáticas e agrícolas, porém, com limitado tempo de vida útil devido à sua rápida deterioração microbiológica e enzimática (OLIVEIRA et al., 2007a; PRADO; BERGAMINI, 2010; SANKHLA et al., 2012).

O caldo de cana *in natura* sofre deterioração de sabor e aparência em poucas horas após a sua extração, mesmo sob refrigeração. Essa perda de qualidade é ocasionada pela fermentação do caldo, resultando em produtos ácidos de origem microbiana. Também é notada a formação de pigmentos escuros durante a etapa de extração do caldo. As enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) são responsáveis por essas reações oxidativas e biodegradativas, que ocasionam prejuízos à qualidade do produto, se não forem rapidamente inativadas (BUCHELI; ROBINSON, 1994).

Considerando-se as alterações incidentes nas características sensoriais do caldo de cana, que podem ocorrer em função do cultivar de matéria-prima utilizado, do tratamento térmico, da temperatura e do tempo de estocagem do caldo, etc, a caracterização do perfil sensorial da bebida, que impacta diretamente na sua palatabilidade, é um estudo demasiadamente importante, que pode ser traçado com a aplicação de métodos descritivos.

Dentre os métodos sensoriais descritivos, a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]) é reconhecidamente uma das técnicas mais avançadas para caracterizar os atributos de um determinado produto, permitindo a obtenção de uma descrição

completa de todas as propriedades sensoriais importantes do alimento (STONE; SIDEL, 1993b).

Diversos estudos científicos com caldo de cana abordam os mecanismos de conservação da bebida para estender o seu tempo de vida útil e investigam os impactos de diferentes tecnologias de processamento (térmicas e não térmicas) na qualidade sensorial da bebida, por meio de testes afetivos e discriminativos (YUSOF; SHIAN; OSMAN, 2000; SILVA; FARIA, 2006; FERREIRA et al., 2007; OLIVEIRA, 2007; ROCHA, 2012; SILVA et al., 2014). Entretanto, não foram localizados trabalhos relacionados à descrição do perfil sensorial do caldo de cana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho de tese teve seu objetivo centrado no estudo do perfil sensorial de caldo de cana integral pasteurizado extraído de oito cultivares.

2.2 Objetivos específicos

1. Estabilizar o caldo de cana integral extraído de diferentes cultivares de matéria-prima, por meio da aplicação de tratamento térmico, envase asséptico e estocagem refrigerada.
2. Avaliar a cinética de degradação da cor do caldo de cana *in natura*.
3. Caracterizar o caldo de diferentes cultivares.
4. Proceder à análise descritiva da bebida extraída dos diferentes cultivares estudados empregando-se as técnicas de ADQ[®], CATA e Associação de palavras.
5. Estimar o tempo de vida útil do caldo de cana processado.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cana-de-açúcar

3.1.1 A cultura da cana e sua origem

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*, que abrange várias espécies, sendo a maioria híbrida. Possuem ciclo de vida longo e se adaptam a climas tropicais e subtropicais (DINARDO-MIRANDA; VASCONCELOS; LANDELL, 2010; CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011; RAE; MARTINELLI; DORNELAS, 2014).

As ilhas do arquipélago da Polinésia, a Nova Guiné e a Índia estão entre as regiões mais citadas como centro de origem dessas espécies. Por essa razão, acredita-se que a cana seja nativa da Ásia (FIGUEIREDO, 2010).

As primeiras mudas de cana foram introduzidas no Brasil em 1502, originárias da Ilha da Madeira. Sendo a Crioula e Mirim introduzidas nos três primeiros séculos. Com o passar dos anos a Cana Caiana começou a ser inserida em Pernambuco. Devido ao aparecimento de problemas fitossanitários nas lavouras, foi necessário impedir o seu cultivo. Em substituição à cana Caiana, iniciou-se o plantio de outras variedades na região (FIGUEIREDO, 2010).

3.1.2 Morfologia da cana

O ciclo fenológico da cana-de-açúcar é composto pelas fases de brotação, perfilhamento, crescimento e maturação (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010). Do plantio até a primeira colheita, a cana-planta pode ter um ciclo de desenvolvimento com duração de 12 ou 18 meses, dependendo da época e da região de plantio (ANJOS; FIGUEIREDO, 2010). O ciclo da cana permite uma média de cinco cortes para, posteriormente, ser realizada a reforma do canavial.

A estrutura da gramínea divide-se basicamente em raiz, caule e folhas. No caule, amostram-se entre 10 a 12 colmos (Figura 1).

Figura 1 – Estrutura física da cana-planta

Fonte: HASSUANI; CELENTE, 2017.

Os colmos são a parte mais importante da planta, pois apresentam parte industrializável, os quais são cortados na base, rente ao solo, despontados no último entrenó maduro e tratados de modo a ficarem livres de impurezas, folhas e bainhas (LAVANHOLI, 2010).

Os colmos apresentam formato cilíndrico sendo compostos por nós e entrenós definidos como a parte aérea. O tecido mais macio envolvendo os feixes é formado pelas células que armazenam o caldo contendo sacarose (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010; RAE; MARTINELLI; DORNELAS, 2014).

Basicamente a cana é composta por fibra e caldo. Em colmos limpos apresentam celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes da parede celular (LAVANHOLI, 2010).

3.1.3 Sanidade e patologias

Colmos sadios, sem podridões ou sinais de deterioração, apresentam maiores teores de açúcares totais (LANDELL; BRESSIANI, 2010). É indispensável o cuidado com a sanidade do canavial, uma vez que as lesões causadas por pragas e doenças afetam consideravelmente a qualidade da matéria prima, além de gerar perdas diretas na produtividade (SANTOS et al., 2013). Dessa forma, a ocorrência de pragas, especialmente da broca, pode causar terrível dano agroindustrial (LAVANHOLI, 2010; MAKINO et al., 2013).

As brocas da cana são insetos de desenvolvimento holometabólico, ou seja, passam pelos quatro estágios do ciclo metamórfico: ovo, larva, pupa e adulto, conforme a Figura 2 (PINTO; LOPES; LIMA, 2013).

Figura 2 – Ciclo da Broca da cana, *Diatraea saccharalis* e *D. flavipennella*

Fonte: Biocontrol. 2017.

A *Diatraea* é o agente causador; uma mariposa, que possui cor amarelo-palha e manchas escuras nas asas anteriores que deposita seus ovos na superfície do caule. Após a eclosão, a lagarta perfura a casca do colmo, migra para a região interna, se alimenta no interior dos colmos, abrindo galerias de acordo com a Figura 3 (LANDELL; BRESSIANI, 2010; MACEDO et al., 2012; PINTO; LOPES; LIMA, 2013; RIPOLI; RIPOLI, 2013).

Figura 3 – Colmo infectado por Broca na cana-de-açúcar

Fonte: Própria autoria.

Os furos nos colmos deixados pela broca servem de entrada para microrganismos, especialmente fungos dos gêneros *Colletotrichum* e *Fusarium*, que colonizam os colmos, formando o complexo broca-podridão, que causam deterioração fisiológica, microbiológica e tecnológica da cana (PINTO; LOPES; LIMA, 2013). Com grande redução dos teores de açúcares nos tecidos de reserva e do aumento dos açúcares redutores (MAKINO et al., 2013; SANTOS et al., 2013), induzem a planta a produzir pigmentos vermelhos que reagem com ferro, formando compostos escuros que aumentam a cor do caldo e a formação das gomas¹, gerando um aspecto desagradável ao produto. Para evitar este problema nas plantações é imprescindível a incidência de chuva, uma vez que minimiza o ataque desse vetor. Além disso, o uso de controladores químicos se faz necessário, principalmente pelo uso de inseticidas nos sulcos de plantio ou sobre as soqueiras (PINTO; LOPES; LIMA, 2013).

3.1.4 Códigos genéticos dos cultivares

A denominação de cultivares de cana-de-açúcar vem seguindo critérios relativamente uniformes em todo mundo há muitas décadas. No Brasil, as iniciais das culturas melhoradas recebem as seguintes siglas (LANDELL; BRESSIANI, 2010; BARBOSA, 2013; WALTER et al., 2014):

- **CB** - Campos, Brasil.
- **IAC** - Instituto Agrônomo de Campinas.
- **RB** - República Brasil (Planalsucar/Ridesa-Rede Interuniversitária que absorvem as atividades de pesquisa para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro).
- **SP** - São Paulo (Copersucar).
- **CTC** - Centro de Tecnologia Canavieira.
- **PO** - Pedro Ometto (Usina Barra).
- **PB** - Pernambuco, Brasil.
- **CV** - CANAVIALIS.

¹ Moléculas de alto peso molecular que consistem numa cadeia de glicose linear em α -(1→6) ligação ao longo com uma pequena proporção de α -(1→3) ramificada.

Cabe ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por intermédio do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), esclarecer os efeitos da Lei nº 9.456/97, art. 3º, que rege os direitos dos obtentores de cultivares no Brasil (BRASIL, 2017).

O objetivo principal dos programas de melhoramento de cana-de-açúcar é assegurar que novos cultivares ampliem a produtividade de energia (açúcar, álcool e fibra), destinadas ao consumo interno e à exportação, eliminar os defeitos da espécie cultivada, aumentar o potencial de produção para nichos específicos, como por exemplo, a otimização das características morfofisiológicas das plantas a fim de atender e adaptar à colheita mecanizada. Os cultivares desenvolvidos a partir de seleções regionais devem atender às condições edafoclimáticas de uma determinada região (LANDELL; BRESSIANI, 2010; FIGUEIREDO, 2010).

Essa contribuição pode ser aferida com incremento do teor de sacarose, por meio de expansão da cultura para regiões de climas mais áridos, tolerante a seca, estresse hídrico, resistentes a pragas e doenças (Figura 4) (CARLINI-GARCIA et al. 2014).

Figura 4 – Variedades de cana-de-açúcar

Fonte: Embrapa, 2017.

A nomenclatura dos cultivares foi exemplificada com a construção do nome de cultivares de cana IAC (Figura 5). Esta variedade origina da hibridação realizada em 1995. Neste caso, indica a região onde são conduzidas as seleções iniciais e intermediárias. Essa informação é fornecida pelo número indicado na unidade milhar. O IAC introduz mudas em oito regiões no Centro-Sul Brasileiro. À exceção do CTC, que segue o critério/numeração sequencial, as nomenclaturas dos atuais híbridos de cana-de-açúcar informam:

- País de origem e/ou instituição responsável pelo cruzamento.
- Ano de cruzamento ou seleção.
- Número específico do clone.

Figura 5 – Composição e significado do nome do cultivar IAC 95 5000

Fonte: Própria autoria.

De acordo com o Censo Varietal do IAC realizado na safra 2016/17, o cultivar RB 867515 foi responsável pela maior área cultivada, ocupando 27,1% da região Centro-Sul. Em seguida vieram os cultivares RB 966928 (9,1%), SP 813250 (7,5%), RB 92579 (6,1%) (BRAGA JUNIOR et al., 2017).

Os cultivares lançadas no Brasil no período de 1995 a 2007 foram SP 813250, RB 867515, SP 832847, RB 92579, CTC 2, IAC 955500. A seguir são citadas as principais recomendações, manejo, os ambientes que devem ser alocados e a época de colheita mais apropriada.

IAC 955000: Lançada pelo Instituto Agrônomo de Campinas em 2007, essa matriz se adapta a ambientes favoráveis, ou seja, superiores e médios tem um perfil de resposta estável. As épocas de safra vão do inverno a primavera (LANDELL et al., 2008).

SP 832847: Lançada em 1999 pela Copersucar juntamente com o Centro de Tecnologia da Cana, mostra-se como rústica e estável além de se ajustar a ambientes médios e inferiores. O melhor momento de colheita é de julho a outubro.

Tem boa resposta a maturadores, que podem ser utilizados para colheita de outono (LANDELL et al., 2008).

RB 92579: Lançada pela Ridesa em 2003, chamada por muitos de “cana fantástica”, devido ao maior crescimento, tem excelente rendimento de produtividade agrícola sob irrigação, teor de sólidos solúveis, e produção de açúcar superior às demais (BRAGA JUNIOR et al., 2017). Entre outras características estão o ótimo perfilhamento e colheitabilidade, porte semi-ereto; maturação média recomendada para colheita do meio para o final de safra; tolerante em relação ao ataque da broca, resistente a ferrugem marrom e escaldadura das folhas e moderadamente resistente ao carvão (RIDESA, 2010). No entanto, o seu desempenho na produção é prejudicado devido à coloração escura do caldo, que dificulta a produção de açúcar cristal e seus derivados, conforme as exigências de mercado (SANTOS et al., 2013).

CTC 2: Lançada em 2005 pelo Centro de Tecnologia da Cana, possui rusticidade e estabilidade, habitua-se a ambientes médios e inferiores. Os meses de junho a outubro são as melhores épocas de plantio (BARBOSA, 2013). As estações de inverno e primavera são as épocas de safra (LANDELL et al., 2008).

RB 867515: Essa variedade foi lançada em 1998 para atender a uma demanda que facilitou o avanço dos canaviais em solos de baixa fertilidade, arenosos e com restrições hídricas (RIDESA, 2010). Atualmente, RB 867515 é a variedade mais cultivada e uma das mais produtivas e relevantes para a produção de açúcar e etanol (SANTOS et al., 2013). Apresenta alta estabilidade em solos mais arenosos, com colheita de junho a setembro (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2013). A planta apresenta característica morfológica de hábito de crescimento ereto e despalha fácil. Perfilhamento alto, uniforme e os colmos apresentam diâmetro médio. Os colmos possuem entrenós cilíndricos, de cor verde-arroxeados sob a palha, e roxo intenso quando expostos ao sol. Apresenta pouca rachadura e suave formato em ziguezague (SANTOS et al., 2013). RB 867515 e SP 813250 correspondem juntos, a mais de 30% de todos os cultivares plantados no País (SANTOS et al., 2013).

SP 813250: Lançada no ano de 1995, seu plantio está em desuso devido à sensibilidade à doença ferrugem. A variedade em questão possui melhor desempenho em ambientes favoráveis, ou seja, superiores e médios (LANDELL et al., 2008). A sua produtividade é intermediária e com baixa estabilidade, provavelmente devido ao maior número de ambientes desfavoráveis, onde seu

desempenho é irregular (FERNANDES-JÚNIOR et al., 2013). A vantagem em produção é justificada por sua adaptação aos solos arenosos e argilosos. A melhor época de colheita é de junho a setembro (BARBOSA, 2013).

CTC 9003: Lançada recentemente pelo Centro de Tecnologia da Cana em 2012, possui o objetivo de ajustar-se ao cerrado brasileiro. Trata-se de uma cana precoce que possui maior número de gemas por hectare, com P.U.I. (número de dias em que um cultivar apresenta açúcares redutores totais acima de 12,5% e extração de açúcar superior a 80 kg t⁻¹) com estabilidade de produção ao longo dos cortes do canavial, ou seja, no replantio. Florescimento raro, perfilhamento elevado, a colheita acontece de maio a setembro (SESSO, 2014; CTC, 2017).

CTC 9001: Criada em 2012 pelo CTC, esta variedade é adaptada ao plantio no cerrado brasileiro e à colheita mecanizada. É uma cultura que dispõe de precocidade em ambiente restrito e seco. Possui elevado teor de sacarose e alto teor de fibras. Os meses de colheita vão de maio a agosto (CTC, 2017; SESSO, 2014).

3.1.5 Importância econômica

A cana-de-açúcar é uma cultura importante para o Brasil devido à geração de emprego e renda. A agroindústria sucroalcooleira representa 6% dos empregos brasileiros (UNICA, 2014), constituindo a principal fonte de bioenergia do País (CARLINI-GARCIA et al., 2014). O Brasil é o maior produtor mundial de cana, seguido pela Índia (KIST et al., 2016).

Os últimos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), relativos a safra 2015/16, mostram que 658,7 milhões de toneladas foram produzidas, em um total de área plantada de 8.995,5 mil hectares. O estado de São Paulo é o maior produtor, possuindo 52% dos hectares plantados, seguido por Goiás (10,1%), Minas Gerais (9%), Mato Grosso do Sul (7,5%), Paraná (6,6%), Alagoas (3,8%), Pernambuco (2,9%) e Mato Grosso (2,6%). Estes oito estados são responsáveis por 94,5% da produção nacional segundo a CONAB (2015) (Figura 6). As usinas de açúcar e álcool são instaladas em áreas próximas às unidades de plantio, totalizando 372 plantas instaladas no País (WALTER et al., 2014; KIST et al., 2016).

Figura 6 – Mapa da cana-de-açúcar no Brasil

Fonte: KIST et al., 2016 apud Conab, 2015.

3.1.6 Derivados da cana

A cana entregue na usina é processada, gerando diversos produtos e subprodutos. Do caldo clarificado com bissulfito ou ácido cítrico, pode ser obtido o açúcar cristal, vinhaça, álcool hidratado e anidro. O bagaço da cana é destinado a alimentação animal, geração de energia, obtenção de papel, produção de embalagens, etc (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011; HARRISON, 2016).

Após a extração do caldo, tal processo resulta na separação do caldo e da fibra da planta. O caldo é composto por água e por sólidos solúveis, que são constituídos principalmente por açúcares (LAVANHOLI, 2010).

O caldo filtrado pode ser acidificado, purificado e concentrado até chegar ao produto final: açúcar mascavo, açúcar branco cristalizado, xarope, rapadura e melaço (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

A cana pode ser consumida na forma de cubos mastigáveis, ou artesanalmente prensada, obtendo-se o caldo (garapa) na forma líquida voltada para consumo humano.

3.1.6.1 Caldo de cana

O caldo de cana é uma bebida muito popular no Brasil, consumido por pessoas de todas as idades e classes sociais, especialmente durante o verão

(CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011). O caldo é extraído em prensas elétricas ou manuais, peneirado e servido com gelo, puro ou misturado com suco de fruta como limão, gengibre e maracujá (RAMACHANDRAN et al., 2017; KUNITAKE, 2012). Visto que é uma atividade quase inteiramente informal, praticamente não há literatura ou estatísticas confiáveis sobre o mercado consumidor de caldo de cana-de-açúcar.

3.1.6.1.1 Marcas disponíveis no mercado

A industrialização do caldo de cana pronto para consumo é uma realidade recente em nosso país. No mercado nacional é possível adquirir o produto acondicionado em garrafas de vidro, em embalagens poliméricas (PET, PEAD, PP) e em laminados cartonados. As marcas disponíveis no mercado estão presentes em diferentes regiões (Figura 7).

Figura 7 – Marcas de caldo de cana disponíveis no mercado brasileiro

Fonte: Própria autoria.

3.1.6.1.2 Benefícios à saúde

O caldo de cana é constituído de traços de proteína, traços de lipídeos, 18,2 g de carboidratos, 0,1 g de fibras, 0,1g de cinzas. Os minerais majoritários são 9 mg de cálcio, 12 mg magnésio, 0,21 mg de manganês, 5 mg fósforo, 0,8 mg de ferro, 18 mg de potássio, 0,01 mg cobre e 0,1 mg de zinco, estas quantidades estão presentes em 100g de caldo de cana (NEPA, 2011).

Considerada como uma bebida refrescante, energética e nutritiva, cada 100 mL de caldo de cana fornece 40 kcal de energia, 6 µg de caroteno e 2,98 mg de vitaminas A, C, B1, B2, B3, B5 e B6 (SINGH; OMRE; GAIKWAD, 2014; SAMREEN et al., 2017).

Muitas propriedades medicinais são atribuídas a ele, e é muitas vezes usado como remédio, quando misturado com limão, para recuperar os efeitos da icterícia, que causa coloração amarelada na pele e nos olhos (SINGH et al., 2015). Têm efeito diurético uma vez que mantém o fluxo urinário claro e ajuda os rins a desempenharem suas funções corretamente (KARTHIKEYAN; SIMIPILLAI, 2010; SINGH et al., 2015). É excelente na prevenção e cura de dor de garganta e gripe (SAMREEN et al., 2017).

Estudos mostraram que o caldo de cana é uma ótima fonte de ácidos fenólicos e flavonoides (DUARTE-ALMEIDA et al., 2011). Feng et al. (2014) pesquisaram a presença de componentes ativos, isto é, fitoquímicos (triterpenoides, flavonóides, fenólicos, fitoesteróis) no conteúdo de diferentes partes (casca, interior dos colmos, nó, ponta) de dois cultivares de cana-de-açúcar, Yuetang 54-474 (casca-verde) e Badila (casca-vermelha), coletados no estágio ótimo de maturação no período de inverno em Zhejiang, China. Altos teores de flavonóides, fenólicos foram encontrados na casca da cana vermelha, além disso, este cultivar apresentou maior capacidade de eliminação de radicais livres DPPH do que o extrato de cana verde enquanto o maior conteúdo total de triterpenoide foi obtido nos colmos.

A alta quantidade de compostos fenólicos é considerada benéfica para à saúde, pois tais compostos apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (XIAO et al., 2011).

A função dos compostos fenólicos se dá pela eliminação de radicais livres com efeitos positivos no combate às doenças cardiovasculares, ao câncer e ao processo cerebral degenerativo.

No estudo de Kong e et al. (2015), a quantidade de fenólicos totais em extratos de cana foi de 0,179 mg de extratos equivalentes/grama. O conteúdo de ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafeíco e ácido ferúlico em extratos de cana foram 0,87 mg/g, 1,77 mg/g, 11,64 mg/g e 10,49 mg/g, respectivamente.

O caldo de cana é um excelente substituto de bebidas gaseificadas. Energiza o corpo, pois é rico em carboidratos. Ele hidrata o corpo rapidamente quando este é exposto ao calor e à atividade física (KHARE et al., 2012; MATHEW et al., 2016).

Normand (2013) obteve dados relevantes analisando os efeitos da ingestão de caldo de cana em três semanas de treino de ratos, explorando o estresse oxidativo do sangue, fígado e músculos dos mesmos. Pelo fato do caldo de cana ser rico em água, compostos fenólicos e principalmente sacarose, apresentou-se como uma bebida interessante para recuperação e hidratação pós-treino.

Os estudos descritos evidenciam as propriedades nutricionais do caldo de cana. Devido à sua importância comercial, a produção de caldo de cana pode se tornar um negócio rentável (KRISHNAKUMAR; THAMILSELVI; DEVADAS, 2013). Entretanto, quando não devidamente conservado o caldo de cana oferece condições favoráveis ao desenvolvimento de diversas classes de microrganismos e, conseqüentemente, apresenta curta vida útil devido à sua rápida deterioração microbiológica e enzimática (PRADO; BERGAMINI, 2010; SANKHLA et al., 2012).

Assim sendo, esforços são necessários para preservar sua qualidade em toda cadeia de processamento, de modo que o produto final possa ser oferecido, de forma segura, pronto para beber, com um período longo de vida de prateleira.

3.1.6.1.3 Mecanismos de deterioração

A perda de qualidade do caldo *in natura* ocorre em poucas horas após a sua extração, mesmo sob refrigeração devido à fermentação, resultando em produtos ácidos de origem microbiana, como também sofre deterioração de sabor e aparência em decorrência da ação enzimática.

3.1.6.1.3.1 Ação enzimática

Quando a cana-de-açúcar é moída ocorre rapidamente no caldo a formação de pigmentos escuros. Entre as enzimas mais importantes no caldo de cana,

encontram-se peroxidase (PDO) e polifenoloxidase (PPO) que são classificadas como oxidases (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). A ação das enzimas PPO e PDO acarretam perdas econômicas consideráveis, pela diminuição da qualidade nutricional, alterações do sabor e aparência menos atrativa nos alimentos (ARAÚJO, 2011). As enzimas POD e PPO são responsáveis por reações oxidativas e biodegradativas, que podem ocasionar alterações se não forem rapidamente inativadas (BUCHELI; ROBINSON, 1994).

3.1.6.1.3.2 Degradação microbiológica

A termorresistência microbiana depende de diversos fatores intrínsecos e extrínsecos. Os primeiros referem-se ao tipo de microrganismos e à forma como se encontram. Entre os fatores extrínsecos, pode-se citar o pH, a atividade de água, temperatura ótima de crescimento e a oferta abundante de nutrientes que irão auxiliar no aumento da população microbiana (ORDÓÑEZ, 2005).

Por conter quantidade significativa de açúcares e elevada atividade de água, o caldo de cana favorece o desenvolvimento de um amplo espectro microbiano. Os microrganismos de importância a serem considerados em estudos envolvendo o caldo de cana são, essencialmente, aqueles oriundos do solo e de vegetais, dentre os quais se destacam os bolores, as leveduras, as bactérias lácticas e esporuladas (GALLO, 1989).

A Resolução RDC 12 de 2001, da ANVISA, estabelece padrões microbiológicos para caldo de cana pasteurizado e refrigerado. Segundo esta Resolução, a presença de coliformes a 45 °C não deve ultrapassar 10 NMP/mL e *Salmonella* deve estar ausente em 25 mL de produto (ANVISA, 2001). Posto isso, pesquisas de coliformes e *Salmonella* devem ser realizadas para assegurar a qualidade higiênico-sanitária do produto considerando uma eventual industrialização da bebida.

3.1.6.1.4 Tecnologias de processamento

As tecnologias aplicadas ao processamento de alimentos visam à obtenção de um produto inócuo ao consumidor, com atributos nutricionais e sensoriais próximos ao alimento *in natura* e vida útil estendida. Para este fim, o processamento

deve assegurar a destruição de microrganismos e a inativação de enzimas que catalisam a degradação do alimento, além de apresentar uma relação custo-benefício vantajosa. Aspectos relativos à conveniência e praticidade também são bastante valorizados pelo mercado consumidor (EVANGELISTA, 2001).

As tecnologias de processamento compatíveis com o caldo de cana, puro ou adicionado de polpa de fruta, incluem métodos térmicos convencionais, como a pasteurização, e métodos não convencionais ou emergentes, a exemplo da irradiação (raios gama), separação por membranas, campo magnético, entre outras; embora a aplicação dessas últimas tenha se limitado ao âmbito da pesquisa (DARROS-BARBOSA; VICENTE, 2011). É importante ressaltar que a combinação de métodos (térmicos e não térmicos) resulta, frequentemente, em um produto de qualidade superior.

Acrescentam-se às tecnologias citadas, o branqueamento da cana antes da extração do caldo e a adição de ácido ascórbico, com a finalidade de inibir o escurecimento e reduzir a população microbiana inicial (ARAÚJO, 2011).

Quando não processado, o caldo sofre mudanças que acarretam prejuízos significativos à qualidade da bebida, notadamente à cor e ao sabor.

3.1.6.1.4.1 Tratamento térmico

Uma das tecnologias de processamento mais difundidas é a pasteurização ($T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), cujo binômio tempo/temperatura é delineado de acordo com os parâmetros de resistência térmica do microrganismo ou enzima alvo que se pretende inativar. Neste processo, alguns microrganismos são destruídos e outros injuriados. Contudo, a população microbiana remanescente limita o tempo de estocagem do alimento quando comparado aos produtos comercialmente esterilizados. Por esta razão, a pasteurização é frequentemente combinada com outros métodos de preservação, como estocagem refrigerada, congelamento, redução do pH, incorporação de aditivos químicos, complementados pelo emprego de embalagens herméticas de alta barreira, no intuito de aumentar a vida útil do alimento (EVANGELISTA, 2001).

O binômio tempo e temperatura são condicionados à carga de contaminação e às condições de transferência de calor através do alimento (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

A pasteurização é sugerida quando outros tratamentos térmicos de temperatura mais elevada prejudicam as propriedades organolépticas e nutritivas de alimentos podendo ser consumido em curto espaço de tempo (EVANGELISTA, 2001). Normalmente empregam-se dois tipos de pasteurização por tempo e temperatura:

- Pasteurização lenta em temperatura baixa, denominada de LTLT (*Low temperature long time*). Nela o produto é aquecido sob agitação em sistema descontínuo, adequada quando se pretende pasteurizar volumes pequenos; empregam-se tempos longos (aproximadamente 30 minutos) e temperaturas de 62 °C a 68 °C (ORDÓÑEZ, 2005).
- Pasteurização rápida com alta temperatura e curto tempo, denominada de HTST (*High temperature short time*) é largamente aplicado nos grandes estabelecimentos em sistema de fluxo contínuo em trocadores de calor tubulares ou a placas. É vista como uma técnica de muita eficiência, pois acelera e facilita o processo, opera com temperatura de 72 °C durante 15 segundos (EVANGELISTA, 2001; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

3.1.6.1.4.2 Envase asséptico

O processamento asséptico de alimentos consiste no aquecimento térmico em um sistema contínuo em que os alimentos são acondicionados em embalagem previamente esterilizada, sob condições ambientais controladas, seguido do fechamento hermético em condições assépticas resultando em um produto auto-estável (SILVA, 2004).

Os tempos de aquecimento e resfriamento são muito curtos e, na maioria dos casos, são considerados como um fator de segurança. Os agentes de esterilização das embalagens e as superfícies internas dos equipamentos são, em geral, o calor, produtos químicos (água oxigenada) e outros agentes como as radiações de alta energia (UV, gama e feixe de elétrons) (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

3.2 Avaliação sensorial

Considerando as alterações das características sensoriais que podem ocorrer em função do tratamento térmico, do período de estocagem do caldo de cana *in*

natura ou processado e, ainda, devido à utilização de diferentes cultivares como matéria-prima é importante a caracterização sensorial da bebida.

3.2.1 Teste de escala hedônica

O Teste de escala hedônica é um método afetivo de análise sensorial. Deste modo, a avaliação da aceitação empregando a escala hedônica estruturada é uma forma de verificar o quanto um consumidor gosta ou desgosta de um produto. Empregam-se escalas diferentes, variando o comprimento e o número de categorias, selecionam-se os termos mais apropriados para serem utilizados como âncora para cada categoria, resultando em uma escala com nove pontos ou categorias e nove declarações (STONE; SIDEL, 1993a). A escala hedônica estruturada de nove pontos é simples e de fácil uso e compreensão por parte dos consumidores, motivos pelos quais é um dos testes de aceitação mais utilizados. Além disso, é possível avaliar os resultados do teste de escala hedônica por meio de análises multivariadas, obtendo-se representações gráficas da preferência dos consumidores e do grupo de consumidores em relação às amostras avaliadas (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

3.2.2 Análise descritiva quantitativa (ADQ)

Dentre os testes sensoriais descritivos a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]) é um dos métodos mais completos e sofisticados para caracterizar sensorialmente os atributos de um determinado produto (STONE; SIDEL, 1993b).

Possui inúmeras aplicações, como por exemplo, acompanhamento de produtos concorrentes, testes de estocagem de produtos para verificar possíveis alterações no decorrer do período, desenvolvimento de novos produtos, controle da qualidade de produtos industrializados, correlação entre testes sensoriais e instrumentais (STONE; SIDEL, 1993b). A Análise Descritiva Quantitativa[®] permite traçar o perfil sensorial dos produtos avaliados, e quando é associada ao estudo afetivo de consumidor, permite chegar a conclusões de extrema importância, como conhecer as características sensoriais e em que intensidade estão presentes nos produtos mais ou menos aceitos pelos consumidores, e ainda, verificar de que forma produtos concorrentes diferem sensorialmente entre si. Desta forma, é possível

saber exatamente quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou incorporados em um produto para que ele possa superar um eventual concorrente (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

Os testes sensoriais realizados por meio da ADQ[®] são conduzidos pelas etapas de recrutamento dos consumidores, pré-seleção de consumidores, levantamento dos termos descritivos, treinamento dos avaliadores, seleção dos avaliadores, avaliação das amostras e análise estatística (STONE; SIDEL, 1993b).

Os dados finais obtidos são submetidos à análise de variância, teste de Tukey e Análise de Componentes Principais (STONE; SIDEL, 1993a, b).

As vantagens proporcionadas pela ADQ[®] incluem, conforme (STONE; SIDEL, 1993b), os seguintes aspectos:

- Alto grau de confiança no julgamento feito por uma equipe composta por 8 a 12 avaliadores treinados.
- Desenvolvimento de uma terminologia descritiva objetiva, mais próxima à linguagem do consumidor.
- Desenvolvimento consensual da terminologia a ser utilizada, o que implica em maior consenso nos julgamentos.
- Avaliação codificada das amostras, seguindo um delineamento experimental, sendo os dados obtidos estatisticamente analisados.

3.2.3 Avaliação sensorial com caldo de cana

No que tange às pesquisas com caldo de cana, muitos trabalhos localizados na literatura científica abordam os mecanismos de conservação da bebida para estender a sua vida útil e investigam os efeitos de tecnologias de processamento na qualidade sensorial da bebida por meio de testes discriminativos e de aceitação (YUSOF; SHIAN; OSMAN, 2000; SILVA; FARIA, 2006; FERREIRA et al., 2007; OLIVEIRA, 2007; ROCHA, 2012; SILVA et al., 2014).

Silva e Faria (2006) avaliaram sensorialmente o caldo de cana pasteurizado, envasado assepticamente. Nesse estudo foram aplicados testes de escala hedônica ao longo do tempo de estocagem.

Rocha (2012) verificou o efeito do sistema de cultivo (convencional e orgânico) na qualidade do caldo de cana. A avaliação comparativa da qualidade da bebida baseou-se na aplicação de testes sensoriais com uma equipe não treinada

formada por 60 consumidores, empregando-se o teste de ordenação de cor (1 = mais clara e 6 = mais escura), de doçura (1 = menos doce e 6 = mais doce) e de ordenação - preferência (1 = menos gostou e 6 = mais gostou).

No desenvolvimento de produtos, Silva et al. (2014) confirmaram a viabilidade da utilização do caldo de cana na elaboração de um sorvete, o qual foi submetido a testes sensoriais com 120 crianças utilizando escala hedônica facial de 7 pontos com âncoras verbais de horrível a ótimo. Nesse teste avaliou-se o grau de aceitação quanto à cor, à doçura, ao sabor e à avaliação global como também teste intenção de consumo e de ordenação-preferência.

Oliveira (2007) estudou os efeitos do processamento térmico e da radiação gama na estabilidade sensorial de caldo de cana integral e adicionado de suco de frutas, ambos estocados sob refrigeração. Testes de ordenação foram aplicados para escolha do suco adicionado (limão ou abacaxi). Testes afetivos foram realizados com uma equipe de 50 consumidores para avaliar o produto final.

Yusof, Shian e Osman (2000) avaliaram a qualidade sensorial de caldo de cana *in natura* estocado a 5 °C, 10 °C e 27 °C por 15 dias. Uma equipe de 10 avaliadores foi pré-selecionada por meio de testes triangulares, para avaliar a cor e o sabor da bebida. Os resultados do teste triangular mostraram que 70% dos avaliadores foram capazes de diferenciar o caldo fresco estocado a 5 °C. Todos os avaliadores foram aptos de identificar diferenças na cor e no sabor das amostras do caldo recém-extraído.

Ferreira et al. (2007) verificaram a influência da cor e do sabor na preferência de amostras de caldo de cana elaborado a partir de diferentes cultivares de cana (RB 72454, RB 835486, RB 855035, CO 740 e IAC 873396) por meio de testes de ordenação de cor (mais clara – menos clara) e sabor (mais doce – menos doce) seguido de um teste afetivo de aceitação adotando escala hedônica estruturada de 7 pontos com uma equipe de 30 consumidores. No referido estudo concluiu-se que as amostras de caldo de cana com cor mais clara e com sabor mais doce foram as preferidas.

A despeito dos diversos trabalhos citados Yusof, Shian e Osman (2000), Silva e Faria (2006), Ferreira et al., (2007), Oliveira (2007), Rocha (2012) e Silva et al., (2014), não foram localizados estudos acerca da utilização da técnica de ADQ® para caldo de cana.

Considerando-se o crescente interesse comercial por esta bebida, o estudo e o desenvolvimento de tecnologias de processamento que promovam a sua segurança e estabilidade, possibilitando melhor distribuição e estímulo à agroindústria, representaria uma importante contribuição ao setor.

Pesquisas recentes, conduzidas no Departamento de Engenharia de Alimentos da FZEA/USP, registraram ampla variação no teor de sólidos solúveis (15,2 a 23,6°Brix) e acidez titulável (0,038 a 0,071 g ácido cítrico/100 mL de caldo), determinados no caldo de cana *in natura*, recém-extraído. Ressalta-se que estes resultados foram obtidos a partir da análise de matérias-primas de mesmo cultivar SP 813250 e origem, mas em diferentes estações do ano (KUNITAKE, 2012 e KUNITAKE et al., 2013). Posteriormente a esse trabalho, novas pesquisas foram desenvolvidas, no mesmo Departamento, com o propósito de padronizar os parâmetros citados, baseado em testes de aceitação sensorial. Neste contexto, padronizou-se o caldo de cana a 19 °Brix e 0,07% de acidez titulável, atingindo um pH final próximo a 4,0 (ANDRADE et al., 2014).

Neste cenário, o presente projeto de pesquisa propõe o estudo do perfil sensorial de caldo de cana integral pasteurizado extraído de diferentes cultivares. Para este fim, serão utilizadas as metodologias Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®), *Check All That Apply* (CATA) e Associação de palavras. Complementarmente serão investigadas eventuais correlações entre os resultados obtidos nos testes instrumentais e sensoriais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima, os principais materiais e equipamentos, e a metodologia utilizados no desenvolvimento da tese estão descritos a seguir.

4.1 Matéria-prima

Os cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) IAC 955000 (C1), SP 832847 (C2), RB 92579 (C3), RB 867515 (C4), CTC 9001 (C5), CTC 2 (C6), CTC 9003 (C7) e SP 813250 (C8) foram doados pelas empresas Tecnocana Tecnologia em Cana Ltda, Baldin Bioenergia SA e Companhia Muller de Bebidas, produtores instalados na região do interior Paulista. A colheita da matéria-prima foi realizada aproximadamente dois dias antes do processamento. As canas foram processadas a partir de diferentes lotes de matéria-prima a cada início de semestre durante dois anos.

A cana foi transportada até a Planta Piloto de Processamento de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), no campus de Pirassununga/SP, onde foi processada.

4.2 Processamento e envase

4.2.1 Recepção da matéria-prima

Ao chegar à planta piloto, a cana foi pré-selecionada e raspada com auxílio de um raspador elétrico, marca Vencedora Maqtron (Joaçaba/SC). Após a raspagem, procedeu-se à inspeção visual dos colmos, removendo-se pontos com indicativo de patologias, presença de perfuração, com brocas e vermelhidão.

4.2.2 Higienização

Os colmos raspados e selecionados foram enxaguados em água corrente. Em seguida, foram imersos em solução de ácido peracético 0,05% (v/v) durante 20 minutos a 25 °C.

4.2.3 Extração do caldo de cana

O caldo foi extraído utilizando uma moenda elétrica com cilindros de aço inoxidável da marca Maqtron modelo Cana Shop 200 (Joaçaba/SC), pré-filtrado em uma peneira de aço inoxidável de 28 mesh acoplada à moenda e duplamente filtrado em filtro cônico Chinoy de aço inoxidável (35 mesh) a fim de reter os bagacilhos e outras impurezas sólidas em suspensão. Amostras do caldo *in natura* foram retiradas para caracterização da matéria-prima e estudo cinético da degradação da cor. Em seguida, o caldo foi destinado ao processamento.

4.2.4 Processamento

O caldo recém-extraído foi pasteurizado a 85 °C/30 s em trocador de calor a placas, equipado com válvula pneumática de retorno de produto não pasteurizado, fabricado pela Sumá Indústria e Comércio LTDA (Campinas/SP). O caldo pasteurizado foi imediatamente resfriado a 8 °C e bombeado para um contentor isotérmico hermeticamente fechado, onde permaneceu por uma hora, aproximadamente, até o envase.

4.2.5 Assepsia das embalagens

O conjunto garrafa (PET cristal – 350 mL)/tampa de rosca (PP)/selo de alumínio foi adquirido da Indústria Bandeirantes LTDA (São Paulo/SP). As garrafas foram descontaminadas por aspersão de solução de ácido peracético (APA) a 0,05% (v/v) por 15 segundos a 45 °C, em um equipamento semi-automático fabricado pela Casa das Cantinas (Bento Gonçalves/RS). As tampas e selos foram esterilizados em autoclave vertical analógica Phoenix (Araraquara/SP) a 121 °C por 15 minutos (SILVA et al., 2016).

4.2.6 Envase asséptico

Para assegurar a qualidade microbiológica do caldo pasteurizado procedeu-se ao envase asséptico em garrafas de polietileno tereftalato (PET), no interior de uma cabina de fluxo de ar unidirecional horizontal ISO classe 5, revestida em aço

inoxidável (modelo CFLH 12, Veco do Brasil, Campinas/SP). O envase foi conduzido por meio de uma dosadora gravimétrica semi-automática fabricada pela Polienva-Movitron (São Paulo/SP). As garrafas foram seladas por meio de uma termosseladora por indução eletromagnética modelo Super Seal Jr, fabricada pela Enercon Industries Corporation (Menomonee Falls, USA). A potência e o tempo de selagem foram ajustados a 95 W e 0,75 segundos.

As imagens e o fluxograma do processamento em planta piloto estão apresentados nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Imagens da planta piloto utilizada para o processamento do caldo de cana

Fonte: Própria autoria.

A- Vista parcial da unidade de processamento; B- Recepção da matéria-prima; C- Higienização da matéria-prima; D- Extração do caldo; E- Tanque de recepção; F- Trocador de calor; G- Contentor do produto processado; H- Sistema de assepsia de garrafas; I- Envase asséptico; J- Fechamento; K- Seladora; L- Selagem por indução; M- Estocagem refrigerada.

Figura 9 – Fluxograma experimental da produção do caldo de cana

Fonte: Própria autoria.

A escolha do binômio tempo x temperatura empregado na pasteurização baseou-se em testes preliminares que demonstraram uma aceitabilidade sensorial superior para esta condição de processamento.

Após o processamento as amostras foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia e Sistema de Embalagens do Departamento de Engenharia de Alimentos da FZEA/USP. O lote foi fracionado e as partes estocadas na ausência de luz, a saber:

- (1) Estocagem de amostras a 0 °C durante 24 h, destinadas à realização das análises de caracterização do produto.
- (2) Estocagem de amostras a -18 °C, utilizadas como controle nos testes sensoriais e estoque para suprir eventuais demandas futuras da pesquisa.
- (3) Estocagem a 7 °C para estudo de vida de prateleira.

4.3 Higienização da linha de processamento e envase

A limpeza alcalina em circuito fechado (CIP) foi realizada com solução de NaOH 0,7% a 85 °C durante 20 minutos. Após o enxágue para remoção do resíduo alcalino, procedeu-se a limpeza ácida com solução de HNO₃ 0,5% a 70 °C durante 20 minutos, seguido de enxágue. Os detergentes alcalino e ácido foram doados pela Sandet[®] (São José do Rio Preto/SP). A limpeza foi realizada imediatamente após o processamento.

A sanificação CIP foi realizada imediatamente antes do processamento, com solução de ácido peracético, fornecido pela Thech Desinfecção[®] (Cotia/SP), na concentração de 0,1% (v/v) a 50 °C durante 40 minutos. Em seguida realizou-se o enxágue final.

4.4 Avaliação do caldo de cana *in natura* e recém-processado

4.4.1 Análises físico-químicas

A caracterização do caldo de cana integral foi realizada em triplicata por meio da determinação do pH, teor de sólidos solúveis, densidade, acidez titulável e do *ratio* do caldo recém-extraído e pasteurizado, para os diferentes cultivares.

Métodos internacionais da *Association of Official Analytical Chemists* foram utilizados para determinar os parâmetros físico-químicos (AOAC, 2010).

4.4.1.1 pH

O pH foi medido com um medidor de pH da marca Gehaka modelo PG 1800 (São Paulo/SP) com eletrodo de vidro calibrado em pH 4,0 e 7,0, de acordo com as instruções do manual.

4.4.1.2 Sólidos Solúveis Totais

O conteúdo de sólidos solúveis totais (expresso em °Brix) foi determinado com um refratômetro portátil digital Reichert modelo AR 200 (New York, EUA) a $20 \pm 0,1$ °C.

4.4.1.3 Acidez titulável

A acidez titulável total (expressa em % de ácido cítrico) foi determinada com hidróxido de sódio (NaOH) (LS Chemicals, Ribeirão Preto/SP) 0,1 M, padronizada com biftalato de potássio (Êxodo, Hortolândia/SP) e fenolftaleína (Haloquímica, São Paulo/SP) considerando-se como ponto de viragem o momento em que a solução permaneceu rosa por mais de 30 segundos. A titulação do caldo de cana foi conduzida até atingir um pH equivalente 8,3, sendo o resultado expresso em g de ácido cítrico/100 mL de caldo de cana.

4.4.1.4 *Ratio*

O cálculo do *ratio* se deu por meio da razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável e expresso como °Brix/% de ácido cítrico.

4.4.1.5 Densidade

A densidade foi determinada em picnômetro de vidro Laborglas® (São Paulo/SP), sendo calculada pela razão da diferença de massa entre o picnômetro com amostra e o picnômetro vazio, a 20 °C, e o volume do picnômetro, conforme Equação 1.

$$\text{Densidade da amostra (g/mL)} = \frac{\text{Massa de caldo (Picnômetro + caldo)} - (\text{picnômetro vazio})}{(\text{volume do picnômetro})}$$

(Eq.1)

4.4.1.6 Viscosidade

As amostras processadas foram colocadas em tubo capilar de vidro calibrado com auxílio de uma seringa. Acoplou-se o tubo ao micro-viscosímetro SVM 3000 Anton Paar automático (Graz, Áustria) e determinou-se a viscosidade dinâmica, expressa em mPa.s.

4.4.1.7 Determinação de fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais das amostras de caldo *in natura* e processadas foi determinado pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, de acordo com Singleton e Rossi Junior (1965), com algumas modificações. O ensaio foi realizado com a amostra diluída (1:16, v:v). Adicionou-se o reagente de Folin-Ciocalteu (Dinâmica, Diadema/SP) diluído (1:9,v:v), protegido da luz, após 2 minutos a 25 °C. Em seguida, adicionou-se solução de carbonato de sódio anidro 7,5% (m/v) (Synth, Diadema/SP). Após uma hora de incubação a 25 °C, a leitura da absorbância das amostras foi realizada em comprimento de onda de 760 nm, em espectrofotômetro UV/VIS Beckman Coulter DU 800 (New Jersey, USA).

Os valores de absorbância foram inseridos como o valor y da equação da reta padrão (Figura 10), determinando-se assim a concentração de equivalente em ácido gálico (µg/mL), de acordo com Equação 2.

$$Fenólicos\ Totais\left(\frac{\mu gEqAG}{mL}\text{ de extrato}\right) = \left(\frac{Conc\left(\frac{\mu g}{mL}\right) \times dil \times Ve(mL)}{Vam(mL)}\right) \quad (Eq.2)$$

Em que:

Conc = concentração de equivalente em ácido gálico da amostra, obtida a partir da curva padrão ($\mu g/mL$).

dil = diluição do extrato.

Ve = volume do ensaio (mL).

Vam = volume da amostra no ensaio (mL).

Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EqAG), em mg/g de amostra, calculados a partir de curva padrão de ácido gálico (Figura 10).

Figura 10 – Reta padrão de ácido gálico para determinação quantitativa de compostos fenólicos totais

Fonte: Própria autoria.

A concentração de fenólicos totais foi expressa em mg equivalente de ácido gálico por 100 mL de caldo de cana.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química Biológica do Departamento de Ciências Básicas da FZEA/USP.

4.4.1.8 Minerais

A quantificação dos minerais majoritários (ferro, magnésio, zinco, cobre, manganês, cálcio) presentes nas amostras *in natura* foi realizada por espectrofotometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (Agilent Technologies 700 series IGP-OES) (SINDIRAÇÕES, 2013).

A determinação de potássio foi realizada por fotometria de chama (AOAC, 1996), em fotômetro de chama Micronal modelo B462 (São Paulo/SP). Os resultados foram expressos em mg/100 mL.

As análises de minerais foram realizadas no Laboratório de Minerais do Departamento de Zootecnia da FZEA/USP.

4.4.2 Análise instrumental de cor

A análise instrumental de cor foi realizada com a finalidade de comparar a coloração da bebida obtida a partir dos diferentes cultivares *in natura* e processados, ao longo do período de estocagem. As análises foram realizadas nos tempos de 0, 30, 40, 50 e 60 dias.

As amostras foram analisadas em colorímetro Hunterlab® modelo MiniScanEZ 4500L (Reston, USA), utilizando o sistema de cor CIELab (CIE, 1978). O colorímetro foi calibrado com duas placas (preta e branca) antes da leitura, usando o iluminante D65 e o ângulo de observação a 10° (percepção do observador humano). As amostras foram acondicionadas em conjunto apropriado de copo e acessório no momento da leitura. O equipamento foi ajustado para fazer três leituras dos parâmetros L* (luminosidade), a* (vermelho a verde) e b* (amarelo a azul) em cada amostra e fornecer a média e o desvio padrão. Os ensaios foram baseados no sistema *Commision Internationale L'Eclairage* - CIELab (EASYRGB, 2017).

4.4.2.1 Estudo Cinético da degradação de cor do caldo *in natura*

O estudo cinético foi realizado com amostras de caldo recém-extraído de quatro cultivares de cana: RB 867515, SP 813250, RB 92579 e CTC 2, sendo os dois primeiros os mais cultivados no Brasil.

As amostras foram estocadas a 10 °C na ausência de luz durante 6 dias em frasco de vidro com tampa de rosca. Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram utilizados no cálculo do Chroma (C^*), Ângulo de matiz ($^\circ\text{Hue}$) e da diferença total de cor/DCT (em relação ao caldo recém-extraído), por meio das Equações 3, 4 e 5.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Eq.3})$$

$$^\circ\text{Hue} = \arctg(b^*/a^*) \quad (\text{Eq.4})$$

$$DCT = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Eq.5})$$

As coordenadas de cores foram inseridas na calculadora de cores EasyRGB para obter a imagem colorida (EASYRGB, 2016).

4.4.3 Atividade enzimática

As análises enzimáticas das amostras de caldo *in natura* e pasteurizadas foram realizadas ao longo de dois meses, nos tempos de 0, 30, 40, 50 e 60 dias. As atividades de polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) foram determinadas conforme metodologias descritas por Campos et. al., (1996) e Campos e Silveira (2003).

Na análise de atividade da PPO, adicionaram-se tampão fosfato (Synth, Diadema/SP) (pH 6,0) e catecol (Vetec, Duque de Caxias/RJ) a uma alíquota da amostra incubada a 25 °C por 30 minutos. Após a paralisação da reação em banho de água a 10 °C realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 425 nm.

Na análise da atividade da POD utilizaram-se tampão fosfato (pH 5,5), peróxido de hidrogênio (Vetec, Duque de Caxias/RJ) e solução alcoólica de guaiacol (Vetec, Duque de Caxias/RJ), incubados a 35 °C por 15 minutos. Após a paralisação da reação em banho ultratermostático a 10 °C MA 184 (Marconi, Piracicaba/SP),

prosseguiu-se com a leitura de absorbância em espectrofotômetro a 470 nm (SP22, Biospectro, Curitiba/PR). Como branco, foram utilizados todos os reagentes sem adição da amostra diluída de caldo de cana.

A atividade enzimática foi expressa em U/mL.minuto, sendo uma unidade equivalente a variação de 0,001 na absorbância por minuto por mL de amostra. Para o cálculo de atividade foi aplicada a Equação 6.

$$Atividade(U / mL) = \frac{(Ab_{amostra} - Ab_{branco})}{0,001 \times t}$$

(Eq. 6)

Em que:

$Ab_{amostra}$ = absorbância da amostra;

Ab_{branco} = absorbância do branco;

t = tempo (min).

4.4.4 Avaliação microbiológica

Os ensaios microbiológicos foram realizados no Laboratório de Bioprocessos do Departamento de Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), antes dos testes sensoriais.

Contagens de mesófilos aeróbios, bolores e leveduras e psicrotróficos foram realizadas em amostras do caldo *in natura* e pasteurizado, conforme metodologias descritas por Silva et al. (2010). Nas amostras pasteurizadas, as contagens foram realizadas nos tempos 0, 30, 40, 50 e 60 dias, para avaliação da estabilidade microbiológica do produto.

Análises de coliformes termotolerantes (45 °C), *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. foram realizadas para assegurar a qualidade higiênico-sanitária do produto, em conformidade com a legislação brasileira (ANVISA, 2001).

4.4.4.1 Contagem total de aeróbios mesófilos

A contagem de mesófilos aeróbios foi realizada pela técnica de plaqueamento em profundidade, utilizando como meio de cultura o *plate count agar* (PCA) (Difco™ Sparks, USA). As placas foram incubadas invertidas a 35 °C por 48 horas e as

colônias enumeradas. Os resultados foram expressos como unidades formadoras de colônia (UFC) por mL de caldo de cana.

4.4.4.2 Bolores e leveduras

As análises de bolores e leveduras foram executadas pela técnica de plaqueamento em superfície, após transferir alíquotas para placas contendo o meio *Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol* (DRBC) (Merk, Darmstadt, Alemanha). As mesmas foram incubadas a 25 °C por 5 dias e as colônias enumeradas. Os resultados foram expressos como unidades formadoras de colônia (UFC) por mL de caldo de cana.

4.4.4.3 Contagem de aeróbios psicotróficos

A análise de psicotróficos foi realizada pelo método de plaqueamento em profundidade, utilizando o meio *Plate Count Agar* (PCA) (Difco™ Sparks, USA). As placas foram incubadas a 7 °C por 10 dias e as colônias enumeradas. Os resultados foram expressos como UFC/mL de amostra.

4.4.4.4 Coliformes a 45 °C e *Escherichia coli*

As análises de coliformes a 45 °C e *Escherichia coli* foram executadas pela técnica de plaqueamento em superfície de *Compact Dry* (EC) (Nissui Pharmaceutical, Tokio, Japão), Certificado pela AOAC n. 110402, (2000) seguida de incubação a 45 °C por 48 h. A formação de colônias azuis indica a presença de *Escherichia coli*, colônias vermelhas indicam coliformes a 45 °C. A contagem total de grupos de coliformes é a soma de colônias azuis e vermelhas. Os resultados foram expressos em UFC/mL de caldo de cana.

4.4.4.5 *Salmonella* sp

Realizada pelo método *Bax*[®] *System*, com metodologia patenteada pelo fabricante DuPont[™], Wilmington, USA (certificado pela AOAC, Método Oficial n.2003.09). A técnica divide-se em quatro etapas, a saber:

(1) Pré-enriquecimento: a amostra de caldo de cana foi diluída em caldo lactosado (Difco[™] Sparks, USA) e incubada por 35 - 37 °C por 24 horas.

(2) Enriquecimento: um segundo cultivo foi preparado a partir de uma alíquota da amostra pré-enriquecida adicionado de caldo *Brain Heart Infusion* (BHI) (Bacto[™], Sparks Maryland, USA), incubado a 35 °C durante 3 horas.

(3) Lise: Uma terceira etapa foi preparada a partir da amostra enriquecida e transferida para um tubo com adição do reagente de lise (solução tampão fosfato com protease) (Kit Vip *Salmonella* Q4279). Os tubos foram incubados a 37 °C por 20 minutos, para rompimento da parede celular da amostra. Em seguida foram aquecidos a 95 °C por 10 minutos, para que o DNA fosse liberado. Os tubos foram então resfriados em gelo por 5 minutos, a fim de interromper o processo enzimático.

(4) PCR: Após a etapa de lise, uma alíquota de amostra lisada foi transferida para tubos de PCR previamente preparados com reagentes necessários para reação de polimerase em cadeia. Em seguida, os tubos foram depositados em termociclador BAX[®] para detecção da presença ou ausência do DNA alvo (*Salmonella*) nas amostras, obtendo-se dessa forma resultado positivo ou negativo, respectivamente, para a análise (KUSHIDA, 2005).

4.4.5 Testes sensoriais

4.4.5.1 Escala hedônica

Os ensaios sensoriais foram realizados no Laboratório Multiusuário de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos (FZEA/USP).

Os testes foram conduzidos após confirmação da segurança microbiológica do produto. O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado (nº 1.327.106, de 08/11/2015) pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA/USP, Pirassununga/SP (ANEXO A).

Para avaliar a aceitabilidade das amostras de caldo de cana pasteurizado, extraído de diferentes cultivares, aplicaram-se testes de escala hedônica de nove pontos, variando entre “desgostei muitíssimo” (1) a “gostei muitíssimo” (9). Um grupo composto por 104 consumidores, com faixa etária compreendida entre 20 e 50 anos, apreciadores e habituados ao consumo de caldo de cana, foi recrutada entre alunos e funcionários da FZEA/USP (APÊNDICE A). Os consumidores julgaram a aparência e o sabor das amostras servidas monadicamente em copos descartáveis de 50 mL a uma temperatura próxima a 10 °C, em blocos incompletos balanceados (STONE; SIDEL, 1993a). Os testes foram conduzidos em cabines individuais com luz branca, climatizadas a 24 °C, aproximadamente.

A primeira sessão de análise sensorial foi denominada de tempo 0. As sessões subsequentes foram realizadas nos tempos 30, 40, 50 e 60 dias. Amostras controle de cada cultivar foram estocadas a -18 °C e descongeladas naturalmente a 0 °C um dia antes da análise.

Testes de intenção de compra complementaram os testes de escala hedônica, sendo utilizada uma escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente compraria” a “certamente não compraria” o produto (STONE; SIDEL, 1993a), conforme ilustrado no APÊNDICE A.

Como critério de aceitabilidade, para estimativa do tempo de vida útil do produto, adotaram-se médias de notas superiores a 5 (“nem gostei/nem desgostei”), para ambos os atributos, e porcentagens de aceitação iguais ou superiores a 60%.

4.4.5.2 Análise descritiva quantitativa (ADQ)

4.4.5.2.1 Pré-seleção de voluntários

Inicialmente, um questionário para recrutamento de consumidores foi apresentado a um grupo de 31 indivíduos consumidores de caldo de cana, constituído por alunos de pós-graduação, graduação e funcionários da FZEA/USP. Questionaram-se a faixa etária dos entrevistados, a frequência mensal de consumo de derivados de cana-de-açúcar e os hábitos de consumo referentes à bebida (APÊNDICE B).

Em seguida, os participantes recrutados preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE C). Uma pré-seleção dos

participantes com base na capacidade de diferenciar o gosto doce/dulçor das amostras foi realizada por meio dos testes “dois em cinco” e “ordenação” (APÊNDICE D e E) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015). Nos dois testes as amostras foram servidas aleatória e simultaneamente.

4.4.5.2.2 Testes de ordenação e dois em cinco

Os participantes foram submetidos ao teste de ordenação no qual utilizou-se caldo pasteurizado a 85 °C/30 s, extraído do cultivar SP 813250. Algumas amostras foram diluídas e outras adicionadas de sacarose, a citar: A = 14 °Brix, B = 17 °Brix, C = 19 °Brix, D = 22 °Brix e E = 25 °Brix. Solicitou-se aos consumidores que ordenassem as amostras, da esquerda para direita, em ordem crescente de dulçor.

O balanço de massa para formulação das amostras servidas no teste sensorial de ordenação e dois em cinco estão apresentados no APÊNDICE F.

O teste “dois em cinco” foi realizado com amostras de caldo de cana pasteurizado, extraído do cultivar SP 813250. Para este fim, os teores de sólidos solúveis foram ajustados a 17 e 19 °Brix. Serviram-se cinco amostras e cada consumidor foi solicitado a identificar as duas amostras iguais entre as cinco e diferentes das outras três.

4.4.5.2.3 Desenvolvimento da terminologia descritiva

O método de Rede foi empregado no desenvolvimento da terminologia descritiva (APÊNDICE G). Uma equipe de 18 consumidores pré-selecionados (Figura 11) descreveu similaridades e diferenças entre os cultivares SP 813250, CTC 2 e IAC 955000. Ademais, definiram-se terminologias e referências de cada parâmetro de intensidade, como por exemplo, a intensidade “fraca a forte”, “nenhuma a muita”, utilizando uma escala não estruturada (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2015) (APÊNDICE H).

Figura 11 – Padrões de referência dos termos descritores

Fonte: Própria autoria.

As intensidades dos atributos sensoriais foram avaliadas em escala não estruturada de 9 cm. As amostras foram codificadas com números de três dígitos aleatórios e servidas a 10 °C, em copo plástico (transparente) de 50 mL, de forma monádica, em blocos incompletos e balanceados. Para o atributo aroma, amostras dos cultivares foram preparadas em erlenmeyer contendo 100 mL de caldo de cana a 25 °C e amostra de café para inalar entre as avaliações. Cada avaliador recebeu as fichas de avaliação (APÊNDICE H) acompanhada de um copo com água e biscoito “água e sal”.

4.4.5.3 *Check all that apply* (CATA)

Uma equipe de 103 consumidores habituais de caldo de cana foi recrutada com base na frequência de consumo da bebida (ao menos uma vez por mês) (APÊNDICE I). Os consumidores avaliaram a aceitação global de amostras de caldo de sete cultivares, por meio de escala hedônica estruturada de nove pontos. Em seguida, procedeu-se à análise sensorial pelo método CATA. Para tanto, utilizou-se uma lista com os atributos sensoriais previamente definidos, baseados em características distintas das amostras que foram ampliadas, tendo como base a ficha

de avaliação da ADQ. As amostras de caldo de cana foram estocadas a -18°C , descongeladas naturalmente a 0°C um dia antes da análise e apresentadas aos consumidores. Solicitou-se que cada avaliador marcasse todas as palavras que considerasse adequadas para descrever as amostras, servidas monadicamente a 10°C , em blocos incompletos balanceados. Cada consumidor recebeu um copo de plástico transparente para melhor perceber a aparência, um erlenmeyer contendo 100 mL de caldo de cana para sentir o aroma. Além disso, recipientes com café para inalar entre uma amostra e outra, fichas de avaliação (APÊNDICE J), copo com água e biscoito “água e sal” foram servidos aos consumidores. Os sete cultivares foram avaliados segundo 19 atributos sendo quatro olfativos, sete relacionados ao sabor e aparência e um relacionado à textura. Para melhor desempenho do teste, os termos foram aleatorizados dez vezes dentro de cada categoria (MEYNER; CASTUNA, 2014).

A Figura 12 mostra a apresentação das diferentes amostras de caldo no momento do teste.

Figura 12 – Amostras servidas no teste CATA

Fonte: Própria autoria.

4.4.5.4 Associação de palavras

O teste de associação de palavras teve como objetivo comparar um grupo de bebidas não-alcoólicas representado por chá mate, suco de laranja, água de coco, suco de uva, refrigerante de coca e refrigerante de guaraná com o caldo de cana visto que são bebidas frequentemente consumidas no País. As bebidas industrializadas prontas para beber foram adquiridas no comércio local sendo que o caldo de cana apresentado na imagem foi extraído do cultivar RB 867515.

Para realização deste teste, recrutaram-se aleatoriamente 104 indivíduos entre homens e mulheres da FZEA/USP, consumidores de diferentes bebidas não-alcoólicas pelo menos uma vez por semana.

O teste foi dividido em duas partes. A primeira consistiu de um questionário com o tipo e frequência de consumo de bebidas não-alcoólicas (APÊNDICE K), enquanto que a segunda parte foi representada por sete imagens impressas em cartões que continham estímulos (refrigerante de guaraná, chá mate, suco de laranja, refrigerante de coca, água de coco, suco de uva e caldo de cana) (Figura 13).

Figura 13 – Estímulos oferecidos aos participantes no teste associação de palavras

Fonte: Própria autoria.

Na ficha de avaliação das amostras solicitou-se aos consumidores que escrevessem quatro pensamentos/associações/lembranças/sentimentos que viessem espontaneamente à mente quando observada uma imagem (APÊNDICE L). Concedeu-se 1 (um) minuto de análise para cada estímulo, apresentado de forma monádica, em uma ordem balanceada. Os dados obtidos com os estímulos oferecidos no Teste de Associações de Palavras foram agrupados em categorias, considerando termos citados por mais de 10% dos participantes, e submetido ao teste Qui-quadrado (SYMONEAUX, GALMARINI, MEHINAGIC, 2012; ELDESOUKY, PULIDO; MESIAS, 2015).

4.5 Estudo de vida de prateleira

As amostras destinadas ao estudo de vida de prateleira foram estocadas na ausência de luz a $7 \pm 0,5$ °C em estufa incubadora B.O.D (Fanem® São Paulo/SP).

Os testes foram conduzidos com os cultivares C1 (IAC 955000), C2 (SP 832847), C3 (RB 92579), C4 (RB 867515), C5 (CTC 9001), C6 (CTC 2), C7 (CTC 9003) e C8 (SP 813250). As análises foram realizadas nos tempos 0 (1 dia após o processamento), 30, 40, 50 e 60 dias, a citar:

- Determinação de parâmetros de cor: luminosidade, cromática a^* e cromática b^* .
- Testes enzimáticos: atividades de polifenoloxidase e peroxidase.
- Testes físico-químicos: teor sólidos solúveis totais, pH, densidade, acidez titulável e *ratio*.
- Testes microbiológicos: contagem de mesófilos, psicrotróficos, bolores e leveduras.
- Testes sensoriais: escala hedônica estruturada de 9 pontos para avaliação da aparência e sabor.
- Análise morfológica de gomas

4.5.1 Critérios de corte

Os critérios pré-estabelecidos para continuidade do estudo de vida de prateleira foram:

- 1) Contagem de mesófilos inferiores a 5 log UFC/mL.
- 2) Contagem de bolores e leveduras inferiores a 4 log UFC/mL.
- 3) Contagem de psicrotróficos a 3 log UFC/mL.
- 4) Médias de notas nos testes de escala hedônica de 9 pontos superiores a 5 e percentagens de aceitação superiores a 60%.

4.6 Análise morfológica de gomas

A técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi empregada para observar gomas formadas durante a estocagem do produto. Inicialmente as gomas foram separadas e secas em estufa de circulação a vácuo Tecnal modelo TE-395 (Piracicaba/SP) a 50 °C por 24 horas. A atividade de água das gomas foi verificada (a 25 °C) a fim de manter o material livre de água antes da análise microscópica. Para este fim, utilizou-se o equipamento Aqualab (mod. Series 3 TE, Decagon Devices, INC do modelo Series 3 TE, Pullman, USA).

As amostras desidratadas foram fixadas em fita de carbono condutiva de 8 mm (Ted Pella INC, USA) em suporte de alumínio. Em seguida, procedeu-se à varredura na superfície do material, gerando as micrografias em um microscópio eletrônico de varredura com tensão de aceleração de 15 kV (Hitachi, TM 3000, Tóquio, Japão), com aumentos variados.

4.7 Análise estatística dos dados

As médias dos dados obtidos a partir dos testes físico-químicos, microbiológicos, enzimáticos, sensoriais e da medição instrumental de cor foram processadas por meio de análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey (a 5% de significância) foi aplicado para comparação entre as médias das amostras de caldo de cana *in natura* e processado, obtido a partir dos diferentes cultivares de matéria-prima estudados. Ademais, compararam-se as médias obtidas ao longo do estudo de vida de prateleira.

Para verificar a correlação entre os diversos parâmetros avaliados no caldo de cana realizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP). Os dados foram processados utilizando-se o programa STATISTICA 13 (Dell Inc. 1984-1995, OK, USA) e SAS, versão 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA).

Os dados obtidos na análise sensorial descritiva foram avaliados por ANOVA e teste de Tukey, para comparação das amostras. Os resultados foram representados utilizando-se o gráfico-aranha (*spider-web*).

Os dados dos testes de escala hedônica aplicados na avaliação da aceitabilidade do caldo de cana processado foram utilizados na determinação da porcentagem de aceitação (considerando médias superiores a 5) e na construção do gráfico de distribuição de frequência de notas.

No teste CATA, a frequência de menção de cada termo sensorial foi obtido marcando-se os consumidores que empregaram o referido termo para descrever cada amostra de caldo de cana, gerando uma tabela de 0 e 1. Os dados da referida tabela foram submetidos à Análise de Múltiplos Fatores (AMF) e ao Teste Q cochran, que identificam as relações entre os termos, amostras e gera o mapa sensorial comparando o conjunto de dados.

As palavras citadas pelos participantes no Teste de Associação de Palavras foram classificadas por triangulação, que consiste no consenso entre três

pesquisadores a fim de equilibrar as influências subjetivas dos indivíduos. A frequência de menção de cada termo foi calculada. Os termos mencionados para cada estímulo foram agrupados em categorias. As categorias foram mescladas em diferentes dimensões usando o mesmo procedimento. No Teste de Associação de Palavras de cada bebida não-alcoólica, as categorias de termos e números de menção pelos consumidores da tabela de contingência foram submetidas ao teste Qui-quadrado e à análise de correspondência (CA). Tais testes foram realizados para as categorias representando termos mencionados por pelo menos 5% dos participantes. A CA mapeia os dados gerados a partir das linhas e colunas no mesmo espaço geométrico (SYMONEAUX, GALMARINI, MEHINAGIC, 2012).

No processamento dos dados gerados pelos métodos CATA e Associação de palavras utilizou-se o software XLSTAT (Addinsoft 1995-2018, New York, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados sobre os lotes processados

Realizaram-se oito processamentos com diferentes cultivares de cana, a citar: C1 (IAC 955000), C2 (SP 832847), C3 (RB 92579), C4 (RB 867515), C5 (CTC 9001), C6 (CTC 2), C7 (CTC 9003) e C8 (SP 813250). Os cultivares foram fornecidos por produtores e usinas instalados na região de Pirassununga-SP e outras localidades do interior de São Paulo, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do processamento de caldo de cana

Cultivar	Origem	Idade de maturação	Massa de Matéria-prima¹ (kg)	Rendimento da extração (%)	Volume processado (L)	Garrafas (350 mL) produzidas
C1	Santa Cruz das Palmeiras (Tecnologia da Cana)	14 meses	130	61,3	80	120
C2	Dois Córregos (produtor particular)	8 meses	51	58,2	29	82
C3	Porto Ferreira (Companhia Muller)	12 meses	174	56,4	98	159
C4	Pirassununga (Baldin)	12 meses	202	52,7	106	177
C5	Colômbia (produtor particular)	12 meses	91	49,3	45	74
C6	Santa Cruz das Palmeiras (produtor particular)	16 meses	86	54,7	47	141
C7	Colômbia (produtor particular)	12 meses	83	55,7	46	48
C8	Santa Cruz das Palmeiras (produtor particular)	16 meses	69	59,6	41	46

¹ cana raspada. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250.

A massa de cana processada variou em função da disponibilidade da matéria-prima no período em questão. O rendimento obtido na extração do caldo variou de 49,3 a 61,3%. Variações no rendimento são esperadas, dependendo do cultivar de cana, da época da safra e do tipo de moenda. Silva et al. (2016) processaram três lotes do cultivar SP 813250 e obtiveram um rendimento de 50%.

O rendimento na extração obtido por Suzart (2009), foi em média 53,1%, com valor mínimo de 47,4% e valor máximo de 58,1%. Os 20 cultivares de cana

pesquisados são diferentes dos estudados no presente estudo, mesmo assim os valores são muito próximo dos apresentados na Tabela 1. Muito provavelmente pode estar relacionado ao estágio de maturação e ao método de extração do caldo.

Geremias-Andrade (2014) obteve um rendimento médio de 61% para o cultivar SP 813250. Khare et al. (2012) obtiveram 51,8% de rendimento. Estes valores concordam com os valores apresentados na Tabela 1.

5.1.1 Análises físico-químicas

Os resultados obtidos na avaliação físico-química dos lotes de caldo de cana pasteurizado estão apresentados a seguir.

A Tabela 2 apresenta os valores de viscosidade determinados em amostras dos cultivares processados.

Tabela 2 – Viscosidade de caldo de cana pasteurizados recém-processado. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão

Cultivar	Viscosidade Dinâmica
	(mPa.s)
C1	2,1 ^{ab} $\pm$ 0,1
C2	1,9 ^{cd} $\pm$ 0,0
C3	1,7 ^e $\pm$ 0,0
C4	1,8 ^{de} $\pm$ 0,0
C5	2,1 ^{ab} $\pm$ 0,0
C6	2,2 ^a $\pm$ 0,0
C7	2,0 ^{bc} $\pm$ 0,0
C8	2,1 ^{ab} $\pm$ 0,0

Médias seguidas pelo mesmo expoente não diferem entre si ($p > 0.05$). $n=3$; Temperatura=20 °C. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

A viscosidade do caldo de cana variou de 1,7 a 2,2 mPa.s, variação considerada pequena. No entanto, os cultivares C1, C5, C6 e C8 diferiram estatisticamente de C2, C3 e C4. Essa diferença pode estar relacionada diretamente com o teor de sólidos solúveis presente em cada cultivar. A viscosidade é um dos principais parâmetros reológicos e mede a resistência do fluido ao escoamento, considerada quando uma taxa de deformação é aplicada.

Rezzadori (2010) estudou a pasteurização térmica e a utilização de membranas no processamento de caldo de cana adicionado de suco de maracujá e notou que a viscosidade da bebida microfiltrada a 25 °C foi menor (1,39 mPa.s) em relação aos dados do presente trabalho. O caldo pasteurizado apresentou valores de viscosidade entre 2,19 e 2,03 mPa.s. Os valores encontrados pela autora estão muito próximos aos resultados do presente trabalho.

Ademais, efetuaram-se determinações físico-químicas em triplicata de pH, densidade, sólidos solúveis, acidez titulável, *ratio* e composto fenólicos. Os resultados das amostras *in natura* e pasteurizada encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises físico-químicas em caldo de cana *in natura* e pasteurizado estocado a 0 °C

Cultivar	pH	Densidade (g/mL)	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez Titulável (% ác. cítrico)	Ratio	Fenólicos totais (mgEAG/g)
IC1	5,2 ^{Aab} ±0,0	1,29 ^{Aa} ±0,0	22,8 ^{Ab} ±0,0	0,061 ^{Ah} ±0,0	373,9 ^{Ba} ±6,9	0,42 ^{Bb} ±0,0
PC1	5,1 ^{Ac} ±0,1	1,17 ^{Bbc} ±0,0	22,6 ^{Ba} ±0,0	0,049 ^{Bf} ±0,0	463,4 ^{Aa} ±3,1	0,46 ^{Aa} ±0,0
IC2	5,3 ^{Aa} ±0,1	1,21 ^{Aab} ±0,1	18,9 ^{Ad} ±0,0	0,102 ^{Ad} ±0,0	184,3 ^{Af} ±0,6	0,23 ^{Bf} ±0,0
PC2	5,3 ^{Aa} ±0,0	1,18 ^{Abac} ±0,0	17,7 ^{Bf} ±0,1	0,097 ^{Bcd} ±0,0	182,0 ^{Bf} ±2,3	0,30 ^{Ae} ±0,0
IC3	5,1 ^{Abc} ±0,0	1,16 ^{Ab} ±0,0	18,0 ^{Af} ±0,0	0,080 ^{Af} ±0,0	223,4 ^{Bd} ±0,9	0,31 ^{Ae} ±0,0
PC3	5,1 ^{Ac} ±0,0	1,18 ^{Abac} ±0,0	17,9 ^{Be} ±0,0	0,077 ^{Bd} ±0,0	231,0 ^{Ac} ±1,9	0,31 ^{Ae} ±0,0
IC4	5,2 ^{Aab} ±0,0	1,16 ^{Ab} ±0,0	18,6 ^{Ae} ±0,0	0,124 ^{Aa} ±0,0	150,3 ^{Bg} ±0,5	0,21 ^{Bf} ±0,0
PC4	5,2 ^{Ab} ±0,0	1,16 ^{Ac} ±0,0	18,6 ^{Ad} ±0,0	0,096 ^{Bbc} ±0,0	193,9 ^{Ae} ±2,8	0,25 ^{Af} ±0,0
IC5	4,9 ^{Ad} ±0,1	1,23 ^{Ab} ±0,0	22,8 ^{Ab} ±0,1	0,119 ^{Ab} ±0,0	192,9 ^{Bf} ±1,6	0,36 ^{Ad} ±0,0
PC5	5,1 ^{Ac} ±0,0	1,18 ^{Aabc} ±0,0	22,7 ^{Aa} ±0,1	0,112 ^{Ba} ±0,0	202,0 ^{Ae} ±1,8	0,36 ^{Ac} ±0,0
IC6	5,0 ^{Ac} ±0,1	1,21 ^{Ab} ±0,0	23,1 ^{Aa} ±0,0	0,073 ^{Ag} ±0,0	314,3 ^{Bb} ±2,7	0,45 ^{Aa} ±0,0
PC6	5,1 ^{Ac} ±0,0	1,17 ^{Aa} ±0,0	22,6 ^{Ba} ±0,0	0,068 ^{Be} ±0,0	330,1 ^{Ab} ±3,4	0,39 ^{Bb} ±0,0
IC7	5,0 ^{Ac} ±0,1	1,21 ^{Ab} ±0,0	22,5 ^{Ac} ±0,1	0,110 ^{Ac} ±0,0	205,1 ^{Be} ±4,5	0,35 ^{Ad} ±0,0
PC7	5,1 ^{Ac} ±0,0	1,19 ^{Abac} ±0,0	21,5 ^{Bc} ±0,1	0,098 ^{Bb} ±0,0	219,2 ^{Ad} ±5,6	0,33 ^{Bd} ±0,0
IC8	4,7 ^{Ae} ±0,1	1,21 ^{Aab} ±0,0	22,6 ^{Ac} ±0,0	0,094 ^{Ae} ±0,0	240,9 ^{Ac} ±0,9	0,39 ^{Ac} ±0,0
PC8	4,8 ^{Ad} ±0,0	1,22 ^{Aab} ±0,0	22,2 ^{Bb} ±0,0	0,094 ^{Ac} ±0,0	236,2 ^{Bc} ±0,1	0,30 ^{Be} ±0,0

Média de três repetições ± desvio padrão. *Ratio*: razão entre sólidos solúveis e acidez titulável. Compostos Fenólicos: expressos em mg Equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de caldo. I-*In natura*. P- Pasteurizado. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo, na mesma coluna (comparação entre amostras *in natura* e processada para o mesmo cultivar) e médias seguidas pelo mesmo expoente minúsculo, na mesma coluna (comparação entre cultivares no mesmo tratamento), não diferem entre si ($p > 0,05$).

Os valores de pH variaram de 4,7 a 5,3 entre as amostras dos diferentes cultivares. Nota-se que não houve diferença significativa entre as amostras, *in natura* e pasteurizadas, para um mesmo cultivar. Resultados semelhantes a este estudo foram obtidos por Silva (2015), com valores entre 5,0 e 5,1 para o caldo recém-extraído partindo do cultivar SP 813250. Geremias-Andrade (2014) avaliou três lotes *in natura* do mesmo cultivar SP 813250 e obteve 5,0 a 5,5, valores muito próximos aos obtidos neste estudo.

Os valores de densidade variaram de 1,16 a 1,29 g/mL entre os tratamentos. Verificou-se diferença significativa entre o produto pasteurizado e *in natura* para um mesmo cultivar. Todas as amostras apresentaram valores bastante próximos, embora diferenças significativas tenham sido detectadas. Luo et al. (2016) obtiveram valores próximos a 1,07 g/mL.

Jagannadha Rao, Das e Das (2009) caracterizaram caldo de cana extraído do cultivar Co 85A298 de origem Indiana, com o objetivo de estudar as propriedades termofísicas de rapaduras. O caldo obteve pH igual a 5,5; sólidos solúveis 14 °Brix, viscosidade 4,5 mPa.s e densidade 1,023 g/mL. As características apresentadas são diferentes das obtidas para os cultivares do presente estudo provavelmente em função do tipo do cultivar.

Rezzadori (2010) verificou o efeito da pasteurização de caldo de cana a 95 °C/30 s e da adição de polpa de maracujá. A amostra controle (caldo de cana *in natura* extraído do cultivar Havaiano) apresentou as seguintes características: pH 5,3, sólidos solúveis 22,1 °Brix, acidez titulável de 0,032% ácido cítrico e *ratio* 679,6.

No presente estudo, o cultivar CTC 2 (C6) apresentou maior teor de sólidos solúveis (23,1 °Brix), enquanto o SP 832847 (C2), o menor valor (17,7 °Brix). Esta ampla variação está relacionada com as características distintas dos cultivares e a fatores edafoclimáticos. Ademais, deve-se levar em consideração a maturação dos cultivares, que é definida como um processo fisiológico de transporte e armazenamento da sacarose nas células parenquimatosas dos colmos. Canas colhidas nos meses de abril a junho são consideradas precoces; canas colhidas de julho a setembro, de ciclo médio; e aquelas colhidas em outubro e novembro, tardias (MARGARIDO; SANTOS, 2013). Apenas os cultivares RB 867515 (C4) e CTC 9001 (C5) não apresentaram diferença quando comparadas as amostras *in natura* e pasteurizadas.

No que se refere à acidez titulável todos os cultivares do grupo *in natura* diferiram entre si ($p < 0,05$). Este grupo apresentou ampla variação (0,061 a 0,124% de ácido cítrico). A determinação da acidez fornece informações sobre a qualidade do caldo, podendo indicar a presença de microrganismos responsáveis pela deterioração do mesmo. As características de maturação dos cultivares, o solo e o clima em que a cultura foi plantada influenciam na acidez (TASSO JUNIOR et al., 2012). Geremias-Andrade (2014) obtiveram valores de acidez titulável de 0,035 a 0,05% de ácido cítrico. Kunitake (2012) caracterizou caldo de cana *in natura* e obteve pH na faixa de 5,1 a 5,4; teor de sólidos solúveis entre 17 e 23,3 °Brix e acidez titulável entre 0,040 e 0,064% de ácido cítrico. Khare et al. (2012) encontraram resultados de pH de 4,4; teor de sólidos solúveis de 19,5 °Brix e 0,128% de acidez titulável em caldo de cana *in natura*. Estes valores estão mais próximos das características físico-químicas encontradas nesta pesquisa.

Em relação ao *ratio*, verificaram-se diferenças entre amostras *in natura* e pasteurizada. Provavelmente tal comportamento deve-se à grande variação observada na acidez da bebida. Os valores se mostraram entre 150,3 a 373,9. O *ratio* é muito utilizado como parâmetro de qualidade para indicar o índice de maturação em frutas.

O conteúdo de compostos fenólicos variou de 0,21 a 0,46 mg de ácido gálico/mL no caldo de cana *in natura* e processado. Nota-se que apenas os cultivares C1 e C6, tanto *in natura* quanto processadas, apresentaram maior concentração. Quando comparadas amostras *in natura* e pasteurizadas do mesmo cultivar verifica-se que C3 e C5 não diferiram significativamente entre si. Os polifenóis exibem importante papel em várias ações de bioatividade por estarem relacionados como antioxidantes que combatem a presença de radicais livres e atuam como anti-inflamatório. São eficazes no tratamento de doenças cardíacas isquêmicas além de regular os níveis de cálcio livre intracelular (DU et al., 2016). No entanto, compostos fenólicos podem contribuir para o surgimento de gosto amargo, aroma, adstringência e cor (DEL RIO et al., 2013).

Com base no número de anéis de fenol e propriedades estruturais de ligação, polifenóis são divididos em várias subclasses tais como ácidos fenólicos, flavonóides, terpenos, ligninas e taninos (GOSZCZ et al., 2015).

Rocha (2012), comparando o manejo convencional e orgânico de cana-de-açúcar, concluiu que o conteúdo de fenólicos do caldo pode variar em função do tipo

de preparo do solo. O caldo de cana oriundo de plantas cultivadas em solo com manejo convencional apresentou 70 mg/100mL, enquanto que o caldo de cana oriundo de plantas cultivadas em solo proveniente de manejo orgânico com corretivo e composto orgânico apresentou 63 mg de fenólicos/100mL, expressos em ácido gálico.

Vários parâmetros estão implicados na determinação da composição do caldo de cana, como o cultivar da cana, tipo de solo, estratégias de fertilização, condições climáticas, nível de maturação da cana, tipo de colheita, período de tempo entre queima, corte e processamento e também o uso ou não de irrigação (BASSO; BASSO; ROCHA, 2011).

5.1.2 Minerais

A Tabela 4 mostra os teores de minerais determinados no caldo de cana *in natura*.

Tabela 4 – Teores de minerais (mg/mL) determinados em caldo de cana *in natura* extraído de diferentes cultivares. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão

Cultivar	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
C1	22,72 ^C $\pm$ 0,00	50,00 ^F $\pm$ 0,00	38,00 ^B $\pm$ 0,00	0,05 ^B $\pm$ 0,02	0,10 ^A $\pm$ 0,01	0,41 ^A $\pm$ 0,04	0,30 ^A $\pm$ 0,03
C2	8,55 ^F $\pm$ 0,04	163,33 ^C $\pm$ 0,57	20,60 ^G $\pm$ 0,05	0,05 ^B $\pm$ 0,01	0,06 ^B $\pm$ 0,01	0,18 ^F $\pm$ 0,00	0,29 ^B $\pm$ 0,01
C3	7,90 ^G $\pm$ 0,66	120,00 ^E $\pm$ 0,00	33,63 ^D $\pm$ 0,06	0,04 ^C $\pm$ 0,03	0,03 ^D $\pm$ 0,00	0,11 ^G $\pm$ 0,01	0,14 ^G $\pm$ 0,01
C4	4,68 ^H $\pm$ 0,03	210,00 ^B $\pm$ 0,00	22,39 ^F $\pm$ 0,01	0,04 ^C $\pm$ 0,02	0,03 ^D $\pm$ 0,00	0,10 ^H $\pm$ 0,00	0,11 ^H $\pm$ 0,00
C5	13,95 ^D $\pm$ 0,07	150,00 ^D $\pm$ 0,10	32,16 ^E $\pm$ 0,06	0,05 ^B $\pm$ 0,00	0,04 ^C $\pm$ 0,00	0,38 ^B $\pm$ 0,00	0,22 ^E $\pm$ 0,01
C6	32,42 ^A $\pm$ 0,81	30,00 ^G $\pm$ 0,00	35,92 ^C $\pm$ 0,65	0,07 ^A $\pm$ 0,01	0,03 ^D $\pm$ 0,00	0,28 ^C $\pm$ 0,01	0,23 ^D $\pm$ 0,01
C7	9,31 ^E $\pm$ 0,02	253,33 ^A $\pm$ 0,58	19,50 ^H $\pm$ 0,1	0,05 ^B $\pm$ 0,00	0,01 ^E $\pm$ 0,00	0,24 ^D $\pm$ 0,01	0,27 ^C $\pm$ 0,00
C8	30,33 ^B $\pm$ 0,03	40,00 ^{FG} $\pm$ 0,00	62,56 ^A $\pm$ 0,05	0,05 ^B $\pm$ 0,02	0,03 ^D $\pm$ 0,00	0,23 ^E $\pm$ 0,02	0,21 ^F $\pm$ 0,00
TACO 100mL	9,0mg	18,0mg	12,0mg	0,01mg	0,8mg	0,21mg	0,1mg
TBCA 100g	9,1mg	18,0mg	12,0mg	0,01mg	0,8mg	0,21mg	0,06mg

Expoentes diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os cultivares ($p \leq 0,05$); n=3; C1 – IAC 955000; C2 – SP 832847; C3 – RB 92579; C4 – RB 867515; C5 – CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 – CTC 9003; C8 – SP 813250. TACO – Tabela de Composição de Alimentos (NEPA/UNICAMP). TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2017).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA, 2017) informa o conteúdo nutricional do caldo de cana. Essa tabela é uma compilação dos dados do NEPA (2011) e USDA (2017).

De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos -TACO (NEPA, 2011), o caldo de cana possui alto conteúdo de água, açúcares e minerais.

A composição mineral do caldo de cana pode variar amplamente, dependendo da fonte de matéria-prima (BASSO; BASSO; ROCHA, 2011).

Vários trabalhos quantificaram os minerais presentes no caldo de cana. Umebara (2010) avaliou os componentes minerais em caldo de cana *in natura* e recém-extraído, de maturação média a tardia e expresso em mg/mL. Os valores encontrados foram: cálcio 5,4 mg, cobre 0,07 mg, ferro 0,45 mg, magnésio 7,7 mg, manganês 0,26 mg, potássio 45,9 mg, sódio 3,2 mg e zinco 0,24 mg.

Nogueira et al. (2009) avaliaram a quantidade de alguns minerais (Fe, K, P, Ca, Na, Cu, Mg, Mn e Zn) em 6 diferentes amostras de caldo de cana do cultivar RB 72454, de diferentes regiões. Os valores em 100 mL de caldo variaram entre 0,06 a 2,9 mg de Fe, 7,1 a 42 mg de K, 0 a 0,45 mg de Na, 0,02 a 0,045 mg de Cu, 9,4 a 48 mg de Mg, 0,06 a 0,14 mg de Zn, 0,25 a 0,63 mg de Mn e 14 a 31 mg de Ca.

Souza et al. (2015) determinaram a composição mineral de três cultivares RB 867515, RB 92579 e RB 863129 coletadas em três destilarias distintas da região nordeste do Brasil. A composição mineral foi homogênea em diferentes áreas investigadas. Contudo, foram observados grandes coeficientes de variação para concentrações de cobre, magnésio, zinco e fósforo. Os níveis foram expressos em mg/mL sendo cálcio entre 9 a 11 mg, cobre 0,07 a 0,58 mg, ferro 2,4 a 4,3 mg, magnésio 11,7 a 139,7 mg, manganês 0,4 a 0,64 mg, zinco 0,99 a 1,5 mg e potássio 65 a 95,4 mg.

A ampla diferença entre os cultivares em estudo está relacionada à aquisição de matéria-prima proveniente de áreas, solo, estação do ano e de cultivares distintos. Normalmente, antes da cana ser plantada, o solo recebe adubação com fontes e nutrientes a serem absorvidas pelas raízes e transformada em matéria seca da planta. O fornecimento adequado de nutrientes é necessário para aumento do nível de produtividade e resistência a pragas, doenças e déficit hídrico. A eficiência da planta se deve aos seguintes nutrientes N, B, Cu, Mn, Fe, Mg^{2+} , Zn, K_2O , P_2O_5 . Além desses nutrientes, juntamente são usadas práticas corretivas como a calagem, gessagem e fosfatagem (VITTI; LUZ; ALTRAN, 2013). Sabe-se que após o quinto

corte da cana-de-açúcar o plantio deve ser reformado fazendo uso de preparo do solo a fim de garantir maior rendimento da produção (ROSA, 2008).

Estudos recentes demonstraram que vitaminas e minerais podem ter funções, além daquelas normalmente atribuídas a eles, uma vez que auxiliam na prevenção de doenças (CONSENSUS, 2017).

A quantificação dos minerais indica uma possível aplicação do caldo de cana como suplementação alimentar que pode ser utilizado por atletas ou praticantes de atividade física, além de ser um alimento muito energético, pois o principal componente do caldo é a sacarose (FAVA, 2004).

5.1.3 Análise de cor

A Tabela 5 apresenta os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) obtidos a partir dos cultivares estudados. Quanto menor o parâmetro L^* (luminosidade), maior a intensidade do escurecimento da bebida. O parâmetro a^* varia de $+a^*$ (vermelho) ao $-a^*$ (verde) e b^* , de $+b^*$ (amarelo) a $-b^*$ (azul).

Tabela 5 – Resultados das análises instrumentais de cor em caldo de cana *in natura* e pasteurizado estocado a 0 °C

Cultivar	L*	a*	b*
IC1	28,8 ^{Bc} ±0,9	10,8 ^{Abc} ±0,3	21,9 ^{Ae} ±1,3
PC1	31,9 ^{Ac} ±0,1	8,9 ^{Bc} ±0,1	20,4 ^{Ae} ±0,3
IC2	29,7 ^{Bc} ±0,3	11,8 ^{Ab} ±0,0	23,0 ^{Ae} ±0,5
PC2	31,1 ^{Ac} ±0,3	7,6 ^{Be} ±0,1	19,6 ^{Be} ±0,3
IC3	22,7 ^{Be} ±0,8	14,5 ^{Aa} ±0,6	24,6 ^{Ade} ±1,9
PC3	28,5 ^{Ad} ±0,2	12,9 ^{Ba} ±0,1	25,8 ^{Ab} ±0,2
IC4	36,0 ^{Ba} ±0,2	9,6 ^{AcD} ±0,1	38,2 ^{Aa} ±0,6
PC4	37,1 ^{Aa} ±0,1	8,0 ^{Bd} ±0,1	32,7 ^{Ba} ±0,2
IC5	31,9 ^{Ab} ±0,2	7,5 ^{Ae} ±0,1	26,1 ^{AcD} ±0,4
PC5	33,3 ^{Ab} ±1,2	5,8 ^{Bg} ±0,1	24,2 ^{Bc} ±0,3
IC6	24,5 ^{Bd} ±0,1	11,8 ^{Ab} ±0,1	24,4 ^{Ade} ±0,2
PC6	27,9 ^{Ad} ±0,1	10,0 ^{Bb} ±0,1	22,4 ^{Bd} ±0,3
IC7	29,8 ^{Bc} ±0,7	9,2 ^{Ad} ±1,4	30,5 ^{Ab} ±1,2
PC7	31,8 ^{Ac} ±0,3	6,8 ^{Bf} ±0,1	23,7 ^{Bc} ±1,0
IC8	31,3 ^{Ab} ±0,1	11,2 ^{Ab} ±0,1	27,7 ^{Ac} ±0,2
PC8	31,4 ^{Ac} ±0,2	9,1 ^{Bc} ±0,0	24,2 ^{Bc} ±0,3

Média de três repetições ± desvio padrão. I-*In natura*. P- Pasteurizado. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250. L* = 0 (preto), e L* = 100 (branco), +a* = vermelho, -a* = verde, +b* = amarelo, -b* = azul. Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo, na mesma coluna (comparação entre amostras *in natura* e processada para o mesmo cultivar) e médias seguidas pelo mesmo expoente minúsculo, na mesma coluna (comparação entre cultivares no mesmo tratamento), não diferem entre si ($p > 0,05$)

No que se refere à luminosidade, a amostra PC4 apresentou maior valor de L* e diferiu significativamente ($p < 0,05$) das demais amostras pasteurizadas. O baixo valor de luminosidade, como mostrado pela amostra IC3 (diferente significativamente das demais amostras), significa maior escurecimento da amostra em relação às outras bebidas. Nota-se que não houve diferença entre o produto processado e o *in natura* para os cultivares CTC 9001 (C5) e SP 813250 (C8).

A amostra RB 867515 (C4) apresentou maior valor do parâmetro b* (coloração mais amarela) devido à especificidade do cultivar.

Quanto à cromática a*, a amostra RB 92579 (C3) apresentou maior valor em relação à coloração vermelha, característica específica do cultivar em questão, e

diferiu significativamente dos demais. A amostra CTC 9001 (C5) apresentou maior tendência ao verde e menor intensidade de vermelho.

A Figura 14 apresenta ilustrações das amostras de caldo de cana *in natura* e recém-processados.

Figura 14 – Imagens das amostras de caldo de cana *in natura* recém-extraído (esquerda) e pasteurizado (direita)

Fonte: Própria autoria.

As imagens apresentadas na Figura 14 evidenciam uma ampla variação na cor dos diferentes cultivares estudados.

A Figura 15 mostra a Diferença Total de Cor (DTC) entre as amostras *in natura* e pasteurizada.

Figura 15 – Diferença Total de Cor (DTC) entre caldo de cana *in natura* e pasteurizado extraído de diferentes cultivares

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. $DTC = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$.

A Figura 15 sugere que o caldo do cultivar C5 foi menos sensível à alteração de cor, contrastando com C7, que foi mais afetado pelo processamento.

5.1.3.1 Cinética da degradação de cor do caldo de cana *in natura*

Para estudar a cinética de alteração da cor do caldo de cana *in natura*, calcularam-se as coordenadas C^* e $^{\circ}Hue$ por meio dos parâmetros luminosidade L^* , cromática a^* e cromática b^* .

Neste ensaio avaliou-se apenas amostras de caldo de cana *in natura* extraídas dos cultivares C3 (RB 92579), C4 (RB 867515), C6 (CTC 2) e C8 (SP 813250), em virtude da indisponibilidade dos demais cultivares à época.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos nos tempos 0 (t_0) e 6 dias (t_f) do estudo cinético.

Tabela 6 – Comparação dos parâmetros de cor inicial (t_0) e final (t_6) do caldo de cana *in natura* estocado a 10 °C na ausência de luz. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão

Parâmetro de cor	Tempo de armazenamento (dias)	C3	C4	C6	C8
L*	0	20,76 ^{Cb} $\pm$ 0,27	36,93 ^{Aa} $\pm$ 4,48	32,15 ^{ABa} $\pm$ 0,10	27,67 ^{Bb} $\pm$ 0,34
	6	30,81 ^{Ca} $\pm$ 0,41	41,03 ^{Aa} $\pm$ 0,63	22,26 ^{Db} $\pm$ 0,06	34,99 ^{Ba} $\pm$ 0,70
C*	0	41,42 ^{Aa} $\pm$ 0,63	31,58 ^{Ba} $\pm$ 2,00	40,56 ^{Aa} $\pm$ 0,04	34,44 ^{Ba} $\pm$ 2,37
	6	28,17 ^{Bb} $\pm$ 0,94	34,62 ^{Aa} $\pm$ 1,47	26,55 ^{Bb} $\pm$ 0,34	27,96 ^{Bb} $\pm$ 1,32
°Hue	0	59,49 ^{Cb} $\pm$ 0,28	84,24 ^{Aa} $\pm$ 4,24	78,92 ^{ABa} $\pm$ 0,30	73,45 ^{Ba} $\pm$ 1,74
	6	61,06 ^{Ca} $\pm$ 0,65	79,01 ^{Aa} $\pm$ 0,26	61,10 ^{Cb} $\pm$ 0,50	74,85 ^{Ba} $\pm$ 0,35

Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre cultivares) e pelo mesmo expoente minúsculo na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem) não são diferentes ($p > 0,05$). C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C6 – CTC 2; C8 – SP 813250. L* = 0 (preto) e L* = 100 (branco). Hue: mais distantes de 90° representam colorações mais verdes, mais próximos a 90°, mais amarelas são as amostras. C*=próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vividas.

O ângulo Hue, dividido em quadrantes, é um valor expresso em graus capaz de definir a tonalidade da cor. Os valores iniciam em 0° ou 360° (+a*), que indicam vermelho-púrpura, enquanto 90° (+b*) corresponde ao tom amarelo, 180° (-a*) ao verde-azulado e 270° (-b*) ao azul (MCGUIRE, 1992 apud MARINHO, 2016; YUSOF, SHIAN e OSMAN, 2000).

Durante o período de estocagem, microrganismos podem se desenvolver no caldo de cana e torná-lo mais turvo (maiores valores de L*) devido ao aumento do teor de sólidos suspensos.

Oliveira et al. (2007b) determinaram valores de L* de aproximadamente 24 para o caldo de cana, relativamente próximo dos obtidos neste estudo. Analisando os dados apresentados nas Figuras 16 e 17 e na Tabela 6, verifica-se que C3, C4 e C8 tornaram-se significativamente ($p \leq 0,05$) mais claros durante a estocagem, com maiores valores de L*. No entanto, para C4 a diferença não foi estatisticamente significativa. Apenas C6 apresentou uma cor mais escura ao longo do período de seis dias.

A Figura 16 mostra a variação de cor observada nos quatro cultivar.

Figura 16 – Cores obtidas a partir da calculadora de cores EasyRGB (EASYRGB, 2016) ao longo da estocagem do caldo de cana a 10 °C na ausência de luz

	Tempo (dias)						
	0	1	2	3	4	5	6
C4
C8
C3
C6

Cultivares: C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C6 – CTC 2; C8 – SP 813250.

A saturação de cor, também conhecida como chroma (C^*) foi determinada. Os valores baixos de chroma indicam cores cinzas/neutras, enquanto os valores elevados de chroma, próximos de 60, representam cores “vivas” (OLIVEIRA et al., 2007b; MARINHO, 2016). O caldo de cana extraído de C4 apresentou um ligeiro aumento do chroma, indicando que a cor se tornou mais intensa. Ambos os valores de a^* e b^* aumentaram; C4 tornou-se mais vermelho e mais amarelo. C3, C6 e C8 apresentaram valores de chroma reduzidos, com as cores menos vivas durante a estocagem. C3 e C8 apresentaram uma diminuição dos valores de a^* e b^* , enquanto em C6, houve aumento do valor de a^* e diminuição o valor de b^* . No início do estudo, C4 e C8, bem como C3 e C6 foram similares ($p \geq 0,05$). Ao final do período de estocagem, no entanto, apenas C4 diferiu dos demais.

Em um estudo de Oliveira et al. (2007b), o caldo de cana puro *in natura* apresentou valores de chroma próximos de 5, indicando uma cor neutra. Neste estudo, os valores de chroma foram muito maiores, acima de 20, então as cores eram muito mais vivas.

A Figura 17 mostra a variação dos parâmetros de cor ao longo do período de estocagem. A referência para o cálculo das diferenças de luminosidade (ΔL^*), chroma (ΔC^*), ângulo hue (ΔH^*) e Diferença Total de Cor (DTC) foram os parâmetros medidos para o caldo de cana *in natura* e recém- extraído.

Figura 17 – Variação dos parâmetros de cor: luminosidade (L^*), chroma (C^*), ângulo de Hue (H^*) e diferença total de cor (DTC) para o caldo de cana extraído de diferentes cultivares, em relação aos valores iniciais, ao longo do período de estocagem a 10 °C na ausência de luz

Cultivares: C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C6 – CTC 2; C8 – SP 813250.

Considerando os ângulos Hue (Figura 17, Tabela 6), observa-se que as amostras estão localizadas no primeiro quadrante (0 a 90°), que corresponde a cores que variam de vermelho-laranja a amarelo-laranja. No final do período de estocagem, C4 e C8 não apresentaram alterações significativas, mantendo a cor amarelo-laranja. A tonalidade de C3 foi ligeiramente maior indicando uma mudança em direção ao amarelo. C6 diminuiu significativamente o ângulo Hue, de modo que a cor se deslocou para o vermelho, como mostrado na Tabela 6. No estudo de Oliveira et al. (2007b), os ângulos de Hue para o caldo da cana foram próximos a 98° (amarelo-verde), diferentes dos obtidos neste estudo.

As diferentes cores das amostras de caldo de cana extraídos dos quatro cultivares e seu comportamento durante a estocagem são uma interação de vários fatores. Os parâmetros físico-químicos (Tabela 3), as atividades enzimáticas (Tabela 7), o desenvolvimento de microrganismos (Tabela 8), e a composição variada de pigmentos, entre outros, podem afetar a cor e a cinética da degradação da cor.

5.1.4 Atividade enzimática

A Tabela 7 mostra os resultados das análises de atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) realizadas no caldo de cana *in natura* e recém-processado.

Verificou-se que o tratamento térmico (85 °C/30 s) alcançou índices de redução de atividade de PPO superiores a 50% para todos os tratamentos, alcançando 83%. Por outro lado, os valores de redução da atividade de POD variaram de 34,8 a 77,6% indicando uma maior termorresistência da POD. É importante salientar que as variações inerentes às safras, condições climáticas, cultivares e solo diferentes podem influenciar na atividade enzimática.

O maior problema causado pelas enzimas polifenoloxidase e peroxidase referem-se ao aspecto indesejável do escurecimento do caldo de cana, provenientes da reação de compostos fenólicos. A polifenoloxidase e a peroxidase, de forma geral, ocorrem nos tecidos vegetais, e sofrem influência das características intrínsecas de cada cultivar, da idade da cultura e do estágio de maturação da cana-de-açúcar. Inclusive, a atividade destas enzimas nas diferentes partes do colmo de cana, de onde o caldo é extraído, interfere na qualidade do produto final (ALVARENGA; SILVA NETO; MARQUES, 2010).

Tabela 7 – Atividade (U/mL) de polifenoloxidase e peroxidase em caldo de cana *in natura* e pasteurizado a 85 °C/30 s

Cultivar	Enzima	<i>In natura</i>	Pasteurizado	% Redução
C1	PPO	11,5 ^{Abc} ±0,1	3,9 ^{Bbc} ±1,0	66,1
	POD	64,5 ^{Aa} ±0,3	33,2 ^{Ba} ±0,3	48,5
C2	PPO	11,1 ^{Ac} ±0,4	3,0 ^{Bcd} ±0,2	72,9
	POD	22,0 ^{Abc} ±3,5	5,2 ^{Bg} ±0,4	76,4
C3	PPO	15,4 ^{Aa} ±0,3	2,6 ^{Bd} ±0,0	83,1
	POD	26,0 ^{Abc} ±0,3	6,7 ^{Bf} ±0,3	50,2
C4	PPO	12,0 ^{Ab} ±0,1	2,3 ^{Bd} ±0,1	80,8
	POD	31,2 ^{Ab} ±0,8	7,0 ^{Bf} ±0,4	77,6
C5	PPO	15,0 ^{Aa} ±0,1	5,8 ^{Ba} ±0,1	61,3
	POD	32,8 ^{Ab} ±4,0	21,4 ^{Bb} ±0,1	34,8
C6	PPO	11,8 ^{Ab} ±0,1	4,8 ^{Ba} ±0,1	59,3
	POD	26,8 ^{Ab} ±0,9	16,6 ^{Bc} ±0,1	38,1
C7	PPO	11,8 ^{Ab} ±0,1	4,9 ^{Bab} ±0,0	58,5
	POD	25,0 ^{Abc} ±0,8	14,0 ^{Bd} ±0,2	44,0
C8	PPO	9,4 ^{Ad} ±0,1	4,7 ^{Bb} ±0,1	50,0
	POD	15,9 ^{Ac} ±0,3	10,1 ^{Be} ±0,4	36,5

Média de três repetições ± desvio padrão. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. Médias seguidas pelo mesmo expoente maiúsculo na mesma linha (comparação entre caldo *in natura* e pasteurizado para o mesmo cultivar) e médias seguidas pelo mesmo expoente minúsculo, na mesma coluna (comparação entre cultivares sob os mesmos tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

O processamento térmico tem sido aplicado para a inativação de microrganismos e enzimas deteriorantes. No entanto, pode causar alterações indesejáveis nos atributos sensoriais e na qualidade nutricional dos alimentos. Vários estudos têm relatado a degradação significativa da cor e fitoquímicos incluindo antocianinas e outros polifenóis durante o processamento (TEREFE et al., 2015).

Kunitake et al. (2014) avaliaram o impacto da temperatura de pasteurização em caldo de cana acidificado com polpa de maracujá. Os lotes foram pasteurizados a 85, 90 e 95 °C por 30 s. Os binômios empregados foram efetivos na inativação da PPO, entretanto, uma completa inativação da POD foi alcançada apenas pelo tratamento a 95 °C.

Geremias-Andrade (2014) pasteurizou caldo de cana padronizado acidificado ($\text{pH} < 4,5$) a $95\text{ }^{\circ}\text{C}/30\text{ s}$, alcançando níveis de inativação equivalentes a 82% e 76% para PPO e POD, respectivamente.

Uma análise comparativa revela que o pH, conforme esperado, exerce uma influência significativa na termorresistência das enzimas atuantes no caldo de cana. Esse fato permite o emprego de temperaturas mais brandas visando à estabilização da bebida previamente acidificada.

5.1.5 Análise microbiológica do caldo de cana *in natura* e pasteurizado

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos a partir da avaliação microbiológica do caldo de cana extraído dos diferentes cultivares estudadas.

As contagens de mesófilos variaram de 4,1 a 6,2 log UFC/mL no caldo *in natura* e de 1,7 a 4,1 log UFC/mL no caldo pasteurizado. Estudos desenvolvidos por Geremias-Andrade (2014) e Kunitake (2012) relatam para caldo de cana *in natura* apresentam contagens médias de aeróbios mesófilos de 4,6 e 4,8 log UFC/mL, respectivamente. Tais resultados foram similares a algumas contagens determinadas neste estudo.

Gandra et al. (2007) avaliaram as condições higiênico-sanitárias de amostras de cana *in natura* provenientes de estabelecimentos comerciais da cidade de Umuarama (PR). Verificaram-se condições higiênico-sanitárias inadequadas das amostras analisadas; as contagens de mesófilos aeróbios variaram de 6 a 7 log UFC/mL sendo que estes níveis podem causar alterações sensoriais indesejáveis.

Silva (2015) obteve médias de mesófilos e de bolores e leveduras no caldo *in natura* de 6,3 e 5,2 log UFC/mL, respectivamente. Na bebida acidificada e pasteurizada as contagens foram de 2,6 e $< 1,0$ log UFC/mL, respectivamente.

As contagens de bolores e leveduras apresentaram uma variação entre 2,0 e 4,6 log UFC/mL na bebida *in natura* e de $< 1,0$ a 1,3 log UFC/mL no produto pasteurizado. Silva et al. (2010) relatam que bolores e leveduras são comumente encontrados em caldo de cana *in natura*, portanto são típicos dessa matéria-prima.

Tabela 8 – Contagens microbianas (log UFC/mL) em caldo de cana *in natura* e pasteurizado

Cultivar	Mesófilos Aeróbios	Bolores e Leveduras	Psicrotróficos	Coliformes 45 °C	<i>E.coli</i>	<i>Salmonella sp.</i>
IC1	5,2	3,4	4,6	3,7	<1,0 _{est.}	-
PC1	2,9	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC2	4,1	2,0	3,5	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
PC2	1,7	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC3	4,8	3,1	3,8	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
PC3	2,4	1,3	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC4	6,2	3,3	4,5	2,5	<1,0 _{est}	-
PC4	2,6	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC5	6,3	4,6	5,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
PC5	3,9	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC6	5,2	3,7	5,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
PC6	2,3	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC7	6,1	4,6	4,5	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
PC7	4,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-
IC8	5,3	3,8	4,2	2,3	<1,0 _{est}	-
PC8	2,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}	-

I-*In natura*. P – Pasteurizado. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. (log UFC/mL). Est. contagem estimada. -, ausência em 25 mL.

As populações de coliformes a 45 °C no caldo *in natura* variaram de $< 1_{\text{est}}$ a 3,7 log UFC/mL. Na bebida pasteurizada, as contagens foram inferiores a 1,0 log UFC/mL, demonstrando que a pasteurização foi efetiva para a redução deste grupo.

As contagens de aeróbios psicrotróficos para todas as amostras pasteurizadas foram inferiores a $< 1,0$ log UFC/mL. Por outro lado, as contagens nas amostras *in natura* variaram de 3,5 a 5,1 log UFC/mL. No estudo de Geremias-Andrade (2014), as contagens de bactérias e fungos psicrotróficos no caldo pasteurizado e padronizado foram inferiores a 1 log UFC/mL. Estes resultados concordam com o presente trabalho.

Escherichia coli e *Salmonella* sp. não foram identificadas no caldo pasteurizado, tampouco na bebida *in natura*.

De acordo com a RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da ANVISA, que determina limites máximos e mínimos para contagem de Coliformes e *Salmonella* em caldo de cana pasteurizado e refrigerado, a contagem de coliformes termotolerantes não deve ultrapassar 1 log UFC/mL. O caldo de cana *in natura* tem como limite máximo 2 log UFC/mL. Células de *Salmonella* devem estar ausentes em 25 mL do produto (ANVISA, 2001). Portanto, todos os lotes pasteurizados atenderam aos padrões da Legislação Alimentar Brasileira, demonstrando a eficiência do sistema de processamento e envase.

5.1.6 Testes sensoriais

5.1.6.1 Teste de aceitação com escala hedônica

A Tabela 9 mostra os resultados de aceitação do caldo de cana dos diferentes cultivares obtidos a partir dos testes de escala hedônica.

Tabela 9 – Médias de notas obtidas nos testes de aceitação para caldo de cana pasteurizado estocado a 0 °C durante 7 dias

Cultivar	(média ± desvio-padrão/%aceitação ¹)	
	Aparência	Sabor
C1	6,8 ^{ab} ±1,5/ 82	6,8 ^a ±1,7/ 84
C2	5,9 ^{cd} ±1,8/ 64	5,0 ^d ±1,9/ 39
C3	4,8 ^e ±2,3/ 45	5,7 ^{cd} ±2,1/ 59
C4	7,1 ^a ±1,6/ 87	6,3 ^{abc} ±2,0/ 73
C5	6,3 ^{bc} ±1,8/ 68	6,1 ^{abc} ±1,8/ 70
C6	5,3 ^{de} ±2,1/ 49	6,6 ^{ab} ±1,9/ 77
C7	5,9 ^{cd} ±1,8/ 60	5,7 ^{cd} ±2,2/ 58
C8	5,9 ^{cd} ±1,8/ 60	5,9 ^{cb} ±2,2/ 61

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. Médias seguidas pelo mesmo expoente na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$). ¹Porcentagem de consumidores que atribuiu notas superiores a 5 na escala de 9 pontos (1=desgostei muitíssimo; 5 nem gostei/nem desgostei; 9=gostei muitíssimo). Número de consumidores: 104. Temperatura de degustação: 10 °C.

As notas atribuídas para aparência e sabor variaram entre 5 (nem gostei/nem desgostei) e 7 (gostei moderadamente). Com base nos resultados apresentados, nem todos os cultivares tiveram boa aceitação, uma vez que alguns alcançaram médias inferiores a 6,0 e porcentagens de aceitação abaixo de 60%. Conforme (STONE; SIDEL 1993a), índices acima de 70% de aprovação revelam uma boa aceitação do produto.

A aceitação em relação à aparência evidenciou que as maiores médias e porcentagens de aceitação foram obtidas pelos cultivares RB 867515 (C4) e IAC 955000 (C1), que não diferiram ($p > 0,05$) entre si; seguida em ordem decrescente de aceitação por CTC 9001 (C5), que não diferiu de C1. C5, SP 832847 (C2), CTC 9003 (C7), SP 813250 (C8) também não diferiram significativamente entre si. Os cultivares RB 92579 (C3) e CTC 2 (C6) alcançaram as menores médias e porcentagens de aceitação, não diferindo entre si. C3 apresentou nota de 4,8, inferior a nota de corte (5).

Em relação ao sabor, as notas variaram entre 5 (nem gostei/nem desgostei) e 7 (gostei moderadamente). As amostras IAC 955000 (C1), CTC 2 (C6), RB 867515 (C4), CTC 9001 (C5), SP 813250 (C8) obtiveram maiores médias, sendo que não diferiram ($p > 0,05$) significativamente entre si.

5.1.7 Análise de componentes principais (ACP) para os parâmetros físico-químicos e sensoriais

A ACP mostra as relações existentes entre as amostras, indicando os parâmetros que mais as caracterizaram.

A Figura 18 mostra o plano fatorial das amostras e dos parâmetros analisados.

Figura 18 – ACP para caldo de cana pasteurizado extraído de diferentes cultivares

A

B

L*=luminosidade. Apa=aparência. Sab=sabor. Fen. Fenólicos. POD= Peroxidase. PPO= Polifenolxidase. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

Os componentes 1 e 2 explicaram 68,27% (33,00 + 35,27) da variabilidade total entre os cultivares. A posição dos cultivares na Figura 18A indica que C3 e C7 são representados por compostos fenólicos. C2 relaciona-se ao pH. C4 e C1 são semelhantes em relação à luminosidade (L^*) e aparência. Por outro lado, C5, C6 e C8 são semelhantes em relação à POD, PPO e ao sabor (Figura 18B). O teor de fenólicos foi o parâmetro que mais contribuiu para PC1, enquanto o sabor e a atividade de POD contribuíram.

Os parâmetros com vetores mais longos explicam melhor a variabilidade entre as amostras. Desta forma, a aparência é o parâmetro que melhor explica a variabilidade entre os cultivares, no plano representado por PC1 e PC2 (Figura 18B).

Os vetores mais próximos uns dos outros indicam parâmetros que podem ter uma correlação positiva alta / forte. Desta forma, a Figura 18B sugere a existência de uma correlação positiva entre sabor e POD. Os vetores que formam um ângulo próximo a 90° , como aparência e PPO, podem não apresentar correlação linear significativa entre si.

Os vetores que formam um ângulo próximo a 180° podem ter uma correlação linear negativa. Desta forma, a Figura 18B sugere a existência de correlação negativa entre PPO e pH. A análise de correlações lineares revelou que PPO e pH apresentaram correlação negativa a 5% de significância.

5.1.7.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

5.1.7.1.1 Recrutamento da equipe

Com o intuito de selecionar e treinar um grupo de avaliadores na condução da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ[®]) recrutaram-se voluntários, apreciadores da bebida. Inicialmente foram recrutados 31 consumidores não fumantes entre alunos de graduação, pós-graduação e funcionários da USP-Pirassununga, com base no interesse, na disponibilidade em participar dos testes de ADQ[®] e que gostavam, no mínimo, moderadamente de caldo de cana. Dentre os avaliadores, 74% cursavam a graduação, 13% a pós-graduação e 13% eram funcionários.

Quando questionados sobre a preferência do consumo por derivados de cana, muitos dos voluntários responderam que consumiam o açúcar em suas preparações, o que representou 97% das respostas. Ainda, 75% dos avaliadores

responderam que consumiam caldo de cana pelo menos uma vez por mês, 22% preferiam consumir rapadura e apenas 13% preferiam outros (melaço, cachaça e adoçante de sucralose) (Figura 19).

Figura 19 – Preferência de consumo de derivados de cana-de-açúcar

(R) Rapadura; (A) Açúcar; (C) Caldo de cana; (O) Outros.

A Figura 20 mostra a frequência do consumo de caldo de cana dos avaliadores.

Figura 20 – Frequência do consumo de caldo de cana

(T) Todos os dias; (S) Uma vez por semana; (M) Uma vez por mês; (MM) Menos de uma vez por mês.

Solicitou-se que a equipe de voluntários enumerasse em ordem crescente de importância os fatores mais determinantes no ato da compra do caldo de cana. Verificou-se que o atributo sabor é o mais importante, em segundo lugar as condições higiênicas do local em que o caldo de cana é obtido, seguido da disponibilidade de acesso de compra e do preço. A marca do caldo de cana e o valor calórico aparecem como menos importantes.

Em seguida foram aplicados os testes sensoriais de “Ordenação” e “Dois em Cinco” para pré-seleção dos potenciais consumidores. Por meio destes, selecionaram-se 18 consumidores que foram treinados para desenvolver a terminologia descritiva. Após essa etapa, os provadores avaliaram três tipos diferentes de caldo de cana.

Estes termos compuseram a escala não estruturada de 9 cm, de acordo com a metodologia adotada e estabelecida pela equipe. Após o levantamento dos termos descritores foi elaborada a ficha de aplicação do teste, com as escalas para o registro das intensidades de cada atributo destacado (APÊNDICE H). As escalas não estruturadas de nove centímetros foram ancoradas nos pontos extremos, à esquerda pelo termo "fraco" ou "nenhum" e à direita, "forte". Esta ficha foi utilizada tanto para a seleção de avaliadores para a equipe definitiva quanto para a Análise Descritiva Quantitativa. A lista com as definições de cada atributo e com as referências utilizadas encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Terminologia, definição e referências geradas pela equipe de ADQ

AROMA	Definição	Referência
Aroma de rapadura	Percepção associada à nota de aroma doce característico da rapadura (produto sólido obtido pela concentração do caldo de cana a quente).	Fraca: rapadura de caldo de cana “Cearense” diluída (3%) em água. Forte: rapadura de caldo de cana “Cearense” diluída (10%) em água.
Aroma natural de caldo de cana	Aroma característico de compostos voláteis do caldo de cana.	Fraco: caldo de cana C8 (SP 813250). Forte: caldo de cana C1 (IAC 955000).
Aroma doce	Aroma característico da presença de açúcares ou outro composto volátil que libere aroma doce.	Fraco: açúcar cristal “União” diluído em água (15%). Forte: açúcar cristal “União” diluído em água (30%).
Aroma de caldo fermentado	Aroma característico de bebida fermentada.	Nenhum: água mineral. Forte: caldo pasteurizado C1 (IAC 955000) estocado a 12 °C por 3 meses.
SABOR/GOSTO/SENSAÇÃO	Definição	Referência
Sabor de rapadura	Percepção associada ao sabor característico da rapadura (produto sólido obtido pela concentração do caldo de cana a quente).	Fraco: rapadura “Cearense” diluída (20%). Forte: rapadura “Cearense” diluída (35%).
Sabor de caldo de cana	Sabor característico do caldo de cana produzido por substâncias químicas e compostos voláteis durante a degustação do caldo.	Fraco: cultivar C8 (SP 813250) caldo de cana integral recém-extraído e diluído em água 1:1. Forte: cultivar C8 (SP 813250) caldo de cana integral, recém-extraído e não diluído.
Adstringência	Sensação bucal de “amarracão” resultante da contração da musculatura da boca, causada por substâncias como os taninos.	Nenhum: água. Forte: diluições 0,15% de ácido tânico em soluções de açúcar cristal “União” (20%).
Gosto doce	Gosto primário produzido por substâncias doces.	Fraco: caldo de cana diluído 1:1 C8 (SP 813250). Forte: açúcar cristal “União” diluído em água (32%)
APARÊNCIA	Definição	Referência
Viscosidade aparente	Característica percebida pela espessura do filme formado ao se girar o copo com a bebida	Pouca: caldo de cana diluído em água na proporção 1:1 C8 (SP 813250). Muita: rapadura “Cearense” diluída (35%).
Turbidez	Propriedade da solução de deixar passar e difundir a luz referente à opacidade das amostras.	Pouca: caldo diluído com água na proporção 1:1 C8 (SP 813250) e 20 mL suco de limão. Muita: caldo (SP 813250) adicionado de “Maizena” (2,5%).
Uniformidade do caldo	Uniformidade do caldo relativa à presença de precipitado (separação de fases com partículas insolúveis opacas com formação de corpo de fundo).	Nenhum = caldo C1 (IAC 955000) decantado por 24 h. Muito: caldo C1 (IAC 955000) homogeneizado
Cor esverdeada típica de caldo de cana	Relativa à principal cor do caldo, refere-se à percepção visual da cor esverdeada que incide nos receptores visuais.	Cor fraca = rapadura “Cearense” diluída (5%). Cor forte = melado “Doces Santo Antônio” (5%).
Cor marrom do caldo	Alteração do caldo com escurecimento fazendo com que se aproxime da cor do melado comercial.	Fraco: melado “Doces Santo Antônio” diluído (5%). Forte: açúcar mascavo “Doces Santo Antônio” dissolvido em água (20%).
TEXTURA	Definição	Referência
Corpo	Sensação de um líquido que preenche a cavidade bucal, relacionada à consistência de uma bebida.	Fraco: caldo de cana C8 (SP 813250) diluído na proporção 1:1 adicionado de 14,5% de açúcar cristal “União”. Forte: caldo de cana C8 (SP 813250) adicionado de 25% de Karo.

5.1.7.2 Seleção de avaliadores para a análise descritiva quantitativa

A equipe pré-selecionada foi submetida à seleção, após participar de sessões de treinamento com as amostras e com as referências (Figura 21).

Figura 21 – Amostras e referências utilizadas durante a etapa de treinamento da análise descritiva quantitativa

Fonte: Própria autoria.

Na etapa de seleção foram servidas três misturas: (1) caldo de cana com rapadura, (2) caldo adicionado de tanino e (3) caldo diluído. A primeira mistura foi preparada com o cultivar CTC 2; a segunda com o cultivar RB 867515 com o caldo fermentado mais adição de ácido tânico e a terceira utilizou o caldo de cana do cultivar SP 832847. As amostras selecionadas tinham características distintas, por exemplo, cores tendendo ao verde, amarelo e marrom.

A Tabela 11 mostra as análises de viscosidade, sólidos solúveis e densidade das misturas preparadas.

Tabela 11 – Misturas servidas na seleção de avaliadores da equipe de ADQ

Amostra	Viscosidade dinâmica (mPa.s)	Sólidos solúveis (°Brix)	Densidade (g/cm³)
Mistura com rapadura	1,36 ^a ±0,5	19,9 ^a ±0,2	1,64 ^a ±0,0
Mistura com tanino	1,75 ^a ±0,0	18,3 ^b ±0,0	1,07 ^a ±0,0
Caldo diluído	1,24 ^a ±0,0	9,6 ^c ±0,0	1,03 ^a ±0,0

Médias com mesmo expoente na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$); $n=3$; Temperatura=20 °C.

Como o objetivo de diluir as amostras e adicionar ingredientes como rapadura, ácido tânico, foi necessário avaliar o comportamento das misturas modificadas. Antes de servi-las aos avaliadores, todas as misturas foram avaliadas microbiologicamente.

Em seguida realizou-se um retreinamento onde a equipe teve contato com as referências, comparando-as com as amostras processadas e memorização do uso da escala. Para isso foram preparadas misturas de solução de caldo de cana com ácido tânico, caldo com rapadura, e caldo diluído. Após esta fase de seleção pode-se avaliar as amostras de caldo de cana extraído de diferentes cultivares.

Após o treinamento, os avaliadores receberam as amostras de forma monádica, em 3 repetições. Foram selecionados os avaliadores com habilidade em discriminar as amostras (p de $F_{amostra}$, $p \leq 0,50$), com boa repetibilidade (p de $F_{repetição} > 0,05$) e concordância com a equipe sensorial. Os resultados obtidos pela Análise de Variância para p de $F_{amostra}$ e p de $F_{repetição}$ para cada avaliador encontram-se na Tabela 12.

Os avaliadores que estão marcados em negrito cometeram o maior número de erros (Tabela 12). O avaliador 5 apresentara baixa repetibilidade entre as análises e por isso foi excluído da equipe. Já os avaliadores 1, 2, 8 e 11 demonstraram problemas de discriminação entre as amostras e também de repetibilidade, não tendo sido possível utilizá-los nos testes.

Posto isto, foram selecionados os avaliadores 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13 e 14, totalizando nove avaliadores na composição do painel sensorial descritivo.

Tabela 12 – Níveis de significância (p) para avaliadores em função da discriminação das amostras (p de F_{amostra}) e em função da repetibilidade (p de $F_{\text{repetição}}$) na análise descritiva quantitativa

(Continua)

Avaliador	F	Ar rap	Ar cana	Ar doc	Ar ferm	Visc	Turb	Unif	Verd	Mar	Sab rap	Sab can	Adstr	Gostdoc	Corp	T*
1	F Amostra	-	0,65	0,31	0,55	0,05	0	0,03	0,81	0,02	0	0,04	0,17	0,05	0,08	3
	F Rep	<0,0001	0,94	0,44	0,47	0,52	0,01	0,35	0,71	0,2	0,27	0,51	0,53	0,09	0,58	1
2	F Amostra	-	0,1	0,94	0,87	0,46	0,61	0,35	0,65	0,69	0,15	0,01	0,01	0,06	0	5
	F Rep	<0,0001	0,32	0,02	0,88	0,42	0,37	0,78	0,75	0,76	0,31	0,11	0,86	0,74	0,67	1
3	F Amostra	-	0,02	0,13	0,26	0,55	0,33	0,06		0,03	0,01	0,05	0,06	0,79	0,02	2
	F Rep	<0,0001	0,15	0,26	0,04	0,44	0,15	0,72		0,8	0,97	0,32	0,85	0,79	0,49	1
4	F Amostra	-	0,03	0,18	0,36	0,52	0,52	0,02	0,03	0,45	0,18	0,02	0,02	0,15	0,02	2
	F Rep	<0,0001	0,46	0,87	0,48	0,7	0,44	0,55	0,87	0,34	0,59	0,13	0,57	0,47	0,37	0
5	F Amostra	-	0,22	0,22	0,36	0,91	0,14	0,09	0,13	0,01	0	0,08	<0,0001	0,35	0	1
	F Rep	<0,0001	0,46	0,92	0,02	0,75	0,6	0,07	0,48	0,16	0,04	0,73	0,02	0,43	0,06	3
6	F Amostra	-	0,12	0,01	0	0,89	0,27	0,01	0,09	0,04	0,01	0,84	0,3	0,38	0,02	2
	F Rep	<0,0001	0,13	0,05	0,15	0,1	1	0,82	0,28	0,5	0,54	0,55	0,46	0,28	0,19	1
7	F Amostra	-	0,02	0,16	0,03	0,03	0,04	0,23	0,3	0	0	0,11	0,01	0,85	0,01	1
	F Rep	<0,0001	0,4	0,35	0,29	0,41	0,07	0,5	0,14	0,67	0,14	0,38	0,08	0,35	0,16	0

Tabela 12 – Níveis de significância (p) para avaliador em função da discriminação das amostras (p de F_{amostra}) e em função da repetibilidade (p de $F_{\text{repetição}}$) na análise descritiva quantitativa

(Conclusão)

Avaliador	F	Ar rap	Ar cana	Ar doc	Ar ferm	Visc	Turb	Unif	Verd	Mar	Sab rap	Sab can	Adstr	Gostdoc	Corp	T
8	F Amostra	-	0,59	0,02	0,27	0,37	0,18	0,99	0	0,18	0,02	0,21	0,14	0,62	0	3
	F Rep	<0,0001	0,42	0,9	0,69	0,09	0,04	0,48	0,01	0,31	0,13	0,72	0,47	0,27	0,52	2
9	F Amostra	-	0,01	0,08	0,14	0	0,02	0,04	0,04	0,03	0,01	0,14	0,01	0,43	0	0
	F Rep	<0,0001	0,26	0,58	0,8	0,44	0,58	0,53	0,3	0,02	0,02	0,11	0,74	0,53	0,24	2
10	F Amostra	-	0,05	0,01	0,05	0	0,84	0,29		0,76	0	0,05	0,16	0,3	0,05	2
	F Rep	<0,0001	0,08	0,15	0,17	0,18	0,11	0,13		0,12	0,65	0,19	0,63	0,61	0,44	0
11	F Amostra	-	0,09	0,21	0,53	0,59	0,15	0	0,84	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0	3
	F Rep	<0,0001	0,13	0,08	0,88	0,62	0,61	0,2	0,42	0,61	0,88	0,58	0,63	0,13	0,59	0
12	F Amostra	-	0,73	0,02	0,22	0	0,01	0		0	0,04	0,33	0,8	0,16	0,02	2
	F Rep	<0,0001	0,65	0,87	0,04	0,65	0,19	0,07		0,69	0,42	0,35	0,86	0,79	0,16	1
13	F Amostra	-	0,07	0,01	0,12	0,06	0,01	0,01	0,44	0,01	0,03	0,02	0,15	0,01	0	0
	F Rep	<0,0001	0,5	0,34	0,39	0,38	0,74	0,76	0,44	0,35	0,39	0,51	0,35	0,11	0,21	0
14	F Amostra	-	<0,0001	0,36	0,08	0	0,12	0,06		0,18	<0,0001	0	0,85	0,1	0,05	1
	F Rep	<0,0001	0,7	0,25	0,79	0,19	0,42	0,05		0,42	0,01	0,41	0,74	0,12	0,32	2

CrITÉRIOS de seleÇÃO: Habilidade de discriminar amostras: $p \leq 0,50$, para o fator amostra (ANOVA); repetibilidade $p > 0,05$, para o fator repetiÇÃO (ANOVA). NÍVEIS de significÂncia em negrito indicam inadequaÇÃO aos critÉrios de seleÇÃO para compor o painel sensorial descritivo. T: Total por avaliador. (AR RAP) aroma de rapadura, (AR CANA) aroma natural de cana, (AR DOC) aroma doce, (AR FERM) aroma de caldo fermentado, (SAB RAP) sabor de rapadura, (SAB CAN) sabor de caldo de cana, (ADST) adstringência, (GOST DOC) sabor/gosto doce, (VISC) viscosidade aparente, (TUR) turbidez, (UNIF) uniformidade, (VERD) cor verde, (MAR) cor marrom e (CORP) corpo.

A análise da Tabela 12 permite verificar que foram obtidos valores de p de F_{amos} e F_{rep} superiores ao desejado para os atributos aroma doce, aroma fermentado, viscosidade, turbidez, uniformidade, cor verde, cor marrom, sabor de cana, gosto doce e corpo. Apesar do preparo de três amostras com algumas características distintas, os resultados obtidos mostraram que as amostras eram bastante parecidas nestes atributos. Para estes casos, considerou-se que um p de F_{amos} superior a 0,50 não era indicativo de falta de habilidade do avaliador em discriminar as amostras, mas sim de que as amostras eram bastante próximas e não seria possível distingui-las analisando-as somente por estes atributos. Para os demais atributos, houve poucos casos em que se obtiveram valores diferentes do esperado.

Observaram-se valores diferentes do esperado para p de F_{rep} em poucos casos, indicando uma boa repetibilidade dos avaliadores para a maioria dos atributos.

Verificou-se o consenso entre a equipe por meio das médias atribuídas pelos avaliadores para cada um dos atributos em todas as amostras. Observou-se que os avaliadores seguiam uma mesma tendência, apenas os avaliadores retreinados foram utilizados nos testes finais.

5.1.7.3 Análise das amostras pela ADQ

Esta equipe de nove avaliadores treinados e selecionados avaliou amostras de oito cultivares quanto aos atributos: (1) aroma de rapadura, (2) aroma natural de cana, (3) aroma doce, (4) aroma de caldo fermentado, (5) sabor de rapadura, (6) sabor de caldo de cana, (7) adstringência, (8) gosto doce, (9) viscosidade aparente, (10) turbidez, (11) uniformidade, (12) cor verde, (13) cor marrom e (14) corpo.

A Figura 22, denominada de gráfico aranha, mostra os perfis sensoriais de cada uma das oito amostras de caldo de cana processadas. O centro da figura representa o ponto zero da escala de atributos, enquanto a intensidade aumenta do centro para fora.

Figura 22 – Perfis sensoriais dos caldos de cana pasteurizados

(AR RAP) aroma de rapadura, (AR CANA) aroma natural de cana, (AR DOC) aroma doce, (AR FERM) aroma de caldo fermentado, (SAB RAP) sabor de rapadura, (SAB CAN) sabor de caldo de cana, (ADST) adstringência, (GOST DOC) sabor/gosto doce, (VISC) viscosidade aparente, (TUR) turbidez, (UNIF) uniformidade, (VERD) cor verde, (MAR) cor marrom e (CORP) corpo. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

O gráfico aranha evidencia similaridades entre as amostras relativas à maioria dos atributos. A amostra RB 92579 (C3) destacou-se pelas maiores médias nos atributos marrom (MAR) e turbidez (TUR). Tais observações estão em concordância com os resultados da ANOVA e do teste de médias de Tukey (Tabela 13).

Tabela 13 – Comparação de médias dos atributos sensoriais obtidas para caldo de cana de diferentes cultivares

Atributos	Cultivar							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Aroma de rapadura	3,0 ^a ±1,5	2,9 ^a ±1,8	2,7 ^a ±1,3	2,5 ^a ±2,1	2,7 ^a ±0,7	3,9 ^a ±1,4	2,3 ^a ±1,2	3,2 ^a ±0,8
Aroma de cana	4,5 ^a ±2,4	5,1 ^a ±2,3	4,0 ^a ±2,6	6,6 ^a ±1,1	4,8 ^a ±1,8	4,7 ^a ±1,6	5,9 ^a ±0,6	5,1 ^a ±1,8
Aroma doce	6,1 ^a ±2,1	4,1 ^a ±2,9	5,2 ^a ±2,6	5,6 ^a ±2,2	5,0 ^a ±1,9	5,1 ^a ±2,6	3,4 ^a ±2,3	4,2 ^a ±2,4
Aroma Fermentado	0,7 ^a ±0,6	0,2 ^a ±0,3	0,5 ^a ±0,5	0,4 ^a ±0,4	2,0 ^a ±1,9	2,2 ^a ±2,0	1,8 ^a ±1,3	1,5 ^a ±1,5
Viscosidade	6,1 ^a ±2,0	5,1 ^a ±1,7	5,7 ^a ±2,0	3,8 ^a ±2,1	5,6 ^a ±1,1	5,5 ^a ±1,3	4,5 ^a ±1,4	4,7 ^a ±2,2
Turbidez	6,8 ^a ±2,0	7,1 ^a ±1,8	7,5 ^a ±1,9	6,1 ^a ±1,8	5,7 ^a ±1,2	6,6 ^a ±0,5	6,2 ^a ±0,6	6,0 ^a ±1,1
Uniformidade	7,7 ^a ±0,7	6,9 ^a ±2,0	7,3 ^a ±2,2	8,1 ^a ±0,7	7,8 ^a ±1,2	8,0 ^a ±0,8	7,5 ^a ±1,2	7,7 ^a ±1,3
Cor Verde*	2,3 ^{cde} ±1,9	6,7 ^a ±0,5	1,0 ^e ±0,4	6,4 ^{ab} ±1,2	5,5 ^{abcd} ±2,5	2,4 ^{de} ±1,8	5,8 ^{abc} ±2,2	3,1 ^{bcde} ±2,1
Cor Marrom*	6,2 ^{ab} ±2,3	3,9 ^{bc} ±1,8	7,7 ^a ±0,5	1,4 ^c ±1,0	2,0 ^c ±1,8	6,0 ^{ab} ±2,2	2,4 ^c ±1,6	6,0 ^{ab} ±2,3
Sabor de rapadura	3,5 ^a ±1,8	2,2 ^a ±2,2	2,7 ^a ±1,9	1,7 ^a ±0,9	3,2 ^a ±1,9	2,4 ^a ±1,1	2,4 ^a ±1,1	3,6 ^a ±1,8
Sabor de cana*	6,7 ^a ±0,6	5,9 ^{ab} ±1,5	6,5 ^{ba} ±1,1	6,8 ^a ±1,3	6,7 ^a ±1,5	6,4 ^{ab} ±1,7	4,5 ^b ±1,1	5,5 ^{ab} ±0,8
Adstringência	0,7 ^a ±0,6	1,4 ^a ±0,8	1,7 ^a ±1,0	0,7 ^a ±0,6	1,6 ^a ±1,4	2,1 ^a ±1,2	1,4 ^a ±0,5	1,7 ^a ±0,8
Gosto doce*	6,7 ^{ab} ±1,3	4,3 ^b ±2,4	6,1 ^{ba} ±1,6	4,8 ^{ab} ±2,5	5,1 ^{ab} ±1,2	7,2 ^a ±0,5	6,4 ^{ab} ±1,5	6,5 ^{ab} ±0,4
Corpo*	5,3 ^{ab} ±2,2	5,1 ^{ab} ±1,6	5,2 ^{ba} ±1,8	3,0 ^b ±1,6	5,3 ^{ab} ±1,3	5,5 ^{ab} ±0,8	5,7 ^a ±0,9	4,6 ^{ab} ±1,1

* Atributos para os quais foram detectadas diferenças entre as amostras. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. Médias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma linha, não diferem entre si ($p > 0,05$).

Constatou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para os atributos aroma de rapadura, aroma de cana, aroma doce, aroma fermentado, viscosidade, turbidez, uniformidade, sabor de rapadura e adstringente.

Notou-se diferença ($p \leq 0,05$) para cor verde, que variou entre 1,0 a 6,7. As amostras foram avaliadas no intervalo de fraca a forte. Deste modo, verificou-se que os cultivares C2, C4, C5 e C7 obtiveram as maiores médias, apresentando verde mais intenso, enquanto C1, C3, C6 e C8 foram os mais fracos para este atributo.

Em relação à cor marrom, o cultivar C3 obteve maior média, porém foi igualmente avaliado ao C1, C6 e C8 apresentando-se como mais forte para este atributo. Por outro lado, os C4, C5, C7 obtiveram menores médias, apresentando-se mais claros dentre os demais.

As amostras C1, C4, C5 apresentam maiores notas para o atributo sabor de cana (sem diferença significativa entre si) que a amostra C7.

O gosto doce foi avaliado no intervalo entre fraco e forte, e foi percebido com uma das maiores intensidades em C6 obtendo-se nota 7,2. Este resultado concorda com a análise de sólidos solúveis totais em que apresentou o teor de 23 °Brix. Uma das menores intensidades de gosto doce foi notada em C2, que obteve a nota de 4,3. C1, C3, C4, C5, C7 e C8 não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$).

O corpo das amostras alcançou médias muito próximas variando de 4,6 a 5,7. C1, C2, C3, C5, C6 e C8 não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Apenas C4 obteve menor média ($p \leq 0,05$) em relação a C7.

Não foram localizados estudos relacionados à análise descritiva de caldo de cana. Por essa razão, não se realizou uma análise comparativa de dados.

5.1.7.4 *Check all that apply (CATA)*

Conforme descrito na metodologia o teste CATA foi realizado com 103 consumidores para relacionar a escolha dos termos descritores com a aceitação do caldo de cana dos diferentes cultivares, uma vez que os consumidores também realizaram um teste de aceitação global. Esta análise não foi realizada para o cultivar CTC 9003 (C7) uma vez que não havia produto suficiente para análise com 103 consumidores e nem disponibilidade de obtenção de novo lote de cana deste cultivar.

Com relação à aceitação global, observou-se diferença significativa entre as amostras de diversos cultivares, conforme apresentado na Tabela 14. As amostras C3, C4 e C6 destacaram-se por apresentar as maiores aceitabilidades. No geral, as médias de aceitação foram consideradas medianas, situando-se na faixa de 5 (nem gostei/nem desgostei) a 7 (gostei moderadamente).

Tabela 14 – Médias obtidas no teste de escala hedônica de nove pontos

Cultivar	Média da aceitação global/%aceitação¹
C1	4,9 ^d ±1,9/38
C2	5,9 ^{bc} ±1,8/64
C3	6,3 ^{ba} ±1,5/72
C4	6,9 ^a ±1,6/82
C5	5,4 ^{dc} ±1,9/54
C6	6,3 ^{ba} ±1,6/71
C8	6,1 ^{bc} ±1,8/68

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7- CTC 9003 - estoque insuficiente de amostra; C8 – SP 813250. Médias (103 consumidores) seguidas pelo mesmo expoente não diferem entre si ($p > 0,05$). ¹Porcentagem de consumidores que atribuiu notas superiores a 5 na escala de 9 pontos (1=desgostei muitíssimo; 5 nem gostei/nem desgostei; 9=gostei muitíssimo).

A Tabela 15 mostra a frequência de escolha dos descritores para as amostras, segundo a resposta dos consumidores no teste CATA. Consideraram-se 19 atributos sensoriais na ficha do teste CATA, sendo os termos mais assinalados “cor amarronzada”, com 439 seleções, “caldo homogêneo”, com 429 seleções, e “aroma doce”, com 374 seleções, considerando-se todas as amostras.

Tabela 15 – Frequência de utilização dos atributos sensoriais do CATA pelos consumidores

Atributos/Descritores	Amostras							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C8	T
Caldo Encorpado/denso	34	33	33	17	31	36	23	207
Sabor Fermentado (azedo)	23	8	4	8	16	10	10	79
Sabor Rapadura Forte	30	27	28	18	21	25	19	168
Sem sabor/insípido	7	6	2	2	4	1	5	<u>27</u>
Gosto muito doce	35	32	46	35	40	55	40	283
Sabor de Cana fraco	35	37	27	41	30	20	29	219
Adstringência	10	10	7	6	10	7	11	<u>61</u>
Gosto Amargo residual	18	12	9	5	20	8	12	84
Caldo Muito turvo	47	38	43	6	32	49	36	251
Grânulo preto	2	22	3	0	1	5	3	<u>36</u>
Cor Clara	6	14	11	92	26	4	17	170
Cor esverdeada	7	68	2	25	69	9	14	194
Cor amarronzada	86	36	93	19	28	96	81	439
Caldo decantado	36	27	8	0	16	13	13	113
Caldo Homogêneo	35	51	72	79	64	67	61	429
Aroma Doce	33	62	47	68	57	51	56	374
Odor Fermentado (Azedo)	34	10	16	10	13	15	12	110
Aroma Caldo de Cana Forte	21	28	26	21	27	33	23	179
Aroma de Rapadura	29	33	49	36	31	31	23	232

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7- estoque insuficiente de amostra; C8 – SP 813250. T.total de citações considerando todas as amostras; Atributos em negrito: mais citados.

Os resultados do teste Q Cochran realizados com as frequências de escolha dos descritores do teste CATA foram significativos e indicaram a aptidão dos consumidores para discriminar as amostras. Esta metodologia permitiu verificar que os consumidores foram capazes de diferenciar as amostras de diferentes cultivares para diversos atributos. Apenas não houve diferença significativa entre as amostras para os atributos caldo encorpado/denso, sabor de rapadura forte, sem

sabor/insipido, adstringência, gosto amargo residual e aroma de caldo de cana forte (Tabela 16).

Análise de múltiplos fatores foi aplicada aos dados obtidos no teste CATA em conjunto com os dados de aceitação global. Os dois primeiros fatores explicaram 81,66% da variância total dos dados, permitindo discriminação relevante das amostras em função dos atributos avaliados (Figura 23).

O primeiro fator (F1) explicou 52,27% da variância, sendo a parte positiva do eixo representada por “cor clara”, “aroma de rapadura”, “caldo homogêneo”, “aroma doce”, “sabor de rapadura forte” e “aroma de caldo de cana forte”, além da variável “aceitação”; e a parte negativa do eixo por “amargo residual”, “muito turvo”, “odor de fermentado”, “adstringência”, “sem sabor”, “decantado” e “grânulo preto”.

A segunda dimensão (F2) explicou 29,39% da variância, com a parte positiva do eixo relacionada aos atributos “gosto muito doce”, “cor amarronzada” e “odor fermentado (azedo)”.

A análise de múltiplos fatores separou as amostras de caldo de cana em três quadrantes, indicando diferentes qualidades. Os cultivares C1, C6, C3 e C8, permaneceram no mesmo quadrante, C2 e C5 ficaram agrupadas, e C4 ficou isolado, indicando características semelhantes para os grupos. Os atributos que estão perto da aceitação, contribuem positivamente para aceitabilidade. O caldo de cana extraído de C4 destacou-se de todos os outros principalmente pelos atributos “cor clara”, “aroma de rapadura”, “caldo homogêneo” e “aroma doce”, atributos que dirigiram a “preferência”, indicando que este cultivar apresenta características relevantes para os consumidores, quanto à aceitação.

C1, C6, C3, C8 são semelhantes por apresentar as características “cor amarronzada”, “odor fermentado (azedo)” e “gosto muito doce”. C2 e C5 se caracterizaram por “sabor de cana fraco” e “cor esverdeada”.

Tabela 16 – Teste Q Cochran aplicado às frequências de seleção dos atributos/descriptores no teste CATA para avaliação de caldo de cana de diferentes cultivares

Atributos/Descritores	p-valor	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C8
Encorpado/denso	0,012	0,330 ^a	0,320 ^a	0,320 ^a	0,165 ^a	0,301 ^a	0,350 ^a	0,223 ^a
Sabor Fermentado	0,000	0,223 ^b	0,078 ^{ab}	0,039 ^a	0,078 ^{ab}	0,155 ^{ab}	0,097 ^{ab}	0,097 ^{ab}
Sabor Rapadura Forte	0,236	0,291 ^a	0,262 ^a	0,272 ^a	0,175 ^a	0,204 ^a	0,243 ^a	0,184 ^a
Sem sabor	0,188	0,068 ^a	0,058 ^a	0,019 ^a	0,019 ^a	0,039 ^a	0,010 ^a	0,049 ^a
Gosto muito doce	0,009	0,340 ^a	0,311 ^a	0,447 ^{ab}	0,340 ^{ab}	0,388 ^{ab}	0,534 ^b	0,388 ^{ab}
Sabor de Cana fraco	0,024	0,340 ^{ab}	0,359 ^{ab}	0,262 ^{ab}	0,398 ^b	0,291 ^{ab}	0,194 ^a	0,282 ^{ab}
Adstringência	0,668	0,097 ^a	0,097 ^a	0,068 ^a	0,058 ^a	0,097 ^a	0,068 ^a	0,107 ^a
Amargo residual	0,007	0,175 ^a	0,117 ^a	0,087 ^a	0,049 ^a	0,194 ^a	0,078 ^a	0,117 ^a
Muito turvo	0,000	0,456 ^b	0,369 ^b	0,417 ^b	0,058 ^a	0,311 ^b	0,476 ^b	0,350 ^b
Grânulo preto	0,000	0,019 ^a	0,214 ^b	0,029 ^a	0 ^a	0,010 ^a	0,049 ^a	0,029 ^a
Cor Clara	0,000	0,058 ^a	0,136 ^a ^b	0,107 ^{ab}	0,893 ^c	0,252 ^b	0,039 ^a	0,165 ^{ab}
Cor esverdeada	0,000	0,068 ^a	0,660 ^c	0,019 ^a	0,243 ^b	0,670 ^c	0,087 ^{ab}	0,136 ^{ab}
Cor amarronzada	0,000	0,835 ^b	0,350 ^a	0,903 ^b	0,184 ^a	0,272 ^a	0,932 ^b	0,786 ^b
Caldo Decantado	0,000	0,350 ^d	0,262 ^{cd}	0,078 ^{ab}	0 ^a	0,155 ^{bc}	0,126 ^{bc}	0,126 ^{bc}
Caldo Homogêneo	0,000	0,340 ^a	0,495 ^{ab}	0,699 ^c	0,767 ^c	0,621 ^{bc}	0,650 ^{bc}	0,592 ^{bc}
Aroma Doce	0,000	0,320 ^a	0,602 ^b	0,456 ^{ab}	0,660 ^b	0,553 ^b	0,495 ^{ab}	0,544 ^{ab}
Odor Fermentado Azedo	0,000	0,330 ^b	0,097 ^a	0,155 ^{ab}	0,097 ^a	0,126 ^a	0,146 ^a	0,117 ^a
Aroma Caldo Cana Forte	0,351	0,204 ^a	0,272 ^a	0,252 ^a	0,204 ^a	0,262 ^a	0,320 ^a	0,223 ^a
Aroma de Rapadura	0,002	0,282 ^a ^b	0,320 ^b	0,476 ^b	0,350 ^{ab}	0,301 ^{ab}	0,301 ^{ab}	0,223 ^a

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7- estoque insuficiente de amostra; C8 – SP 813250.

Figura 23 – Análise de correspondência dos dados do CATA
(A)

(B)

(A) Representação dos termos usados para descrever as amostras dos sete cultivares e (B) Representação dos termos e aceitação. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7- CTC 9003-estoque insuficiente de amostra; C8 - SP 813250. Rapadura: aroma de rapadura, Cald cana forte: aroma de caldo de cana forte, Doce: aroma doce, Odor ferm azedo: odor de fermentado (azedo), Rap fort: sabor de rapadura forte, Cana fraco: sabor de cana fraco, Ferm: sabor fermentado (azedo), Adstringência: adstringência (sensação de amarração), Amargo residual: gosto amargo residual, Gost mt doc: gosto muito doce, Encor/denso: caldo encorpado/denso, Muito turvo: caldo muito turvo, Grânulos pretos: presença de grânulos pretos, Homogêneo: caldo homogêneo, Decantado: caldo decantado, Cor clara: cor clara do caldo, Cor esverdeada: cor esverdeada do caldo, Cor amarron: cor amarronzada do caldo, Sem sabor: sem sabor/ insípido.

Ares et al. (2011) compararam quatro técnicas sensoriais, escala de intensidade, ordenação, mapeamento e CATA quanto ao sabor de suco de laranja desidratado. Duzentos consumidores avaliaram sete bebidas. Os resultados mostraram que nas quatro metodologias os consumidores foram capazes de identificar diferenças entre as amostras. Contudo, a aplicação das questões do CATA foi considerada a mais fácil.

Jaeger et al. (2015) avaliaram a influência da quantidade de termos utilizados nas perguntas do CATA sobre cinco categorias de alimentos em uma equipe constituída de 735 consumidores da Nova Zelândia e Uruguai. Aplicaram-se listas longas (20-28 termos) em comparação com uma lista curta (10-17 termos). Notou-se que os consumidores tendem a espalhar suas respostas entre os diferentes termos quando a lista é mais longa e, além disso, que a maioria dos consumidores não usam todos os termos relacionados com a mesma dimensão sensorial. Os consumidores tiveram mais facilidade para completar a tarefa quando a lista era "curta" (14 termos) em comparação com "longo" (28 termos, criado com a adição de palavras sinônimas). A ficha CATA desenvolvida do presente trabalho continha 19 termos, podendo ser considerada como uma lista média de termos. Considerando os resultados obtidos no presente estudo aparentemente os consumidores tiveram facilidade de uso da lista.

5.1.7.5 Associação de palavras

Conforme descrito na metodologia, o teste de associação de palavras teve como objetivo comparar um grupo de bebidas não-alcoólicas representado por chá mate, suco de laranja, água de coco, suco de uva, refrigerante de coca e refrigerante de guaraná e com o caldo de cana, visto que são bebidas frequentemente consumidas no País. Percebe-se que o caldo de cana começa a se destacar como produto pronto para beber. Então, o principal propósito desta avaliação foi investigar o comportamento, consumo, pensamento do consumidor de caldo de cana em relação ao grupo de bebidas citado.

O perfil dos participantes do teste de Associação de Palavras realizado com diversas bebidas não-alcoólicas está descrito na Figura 24.

Figura 24 – Perfil dos consumidores do teste de associação de palavras (n=104)

Um grupo de indivíduos do teste Associação de Palavras foi equilibrado em relação ao gênero, com 42% do gênero masculino e 58% do gênero feminino, perfazendo um total de 104 consumidores. Quanto à idade, a faixa etária entre 20 a 25 anos representou 45% dos participantes, seguido pela faixa entre 16 a 20 com 34% dos participantes.

Antes da avaliação sensorial das amostras, os consumidores foram solicitados a preencher um questionário sobre hábitos de consumo de bebidas não-alcoólicas. Dos 104 participantes, 22% relataram conhecer e consumir caldo de cana industrializado.

Os participantes foram questionados quanto ao tipo de bebida não-alcoólica que costumam consumir e a sua frequência, conforme a Tabela 17.

Tabela 17 – Frequência e consumo das bebidas não-alcoólicas pelos consumidores

Bebida	Frequência de consumo das bebidas				
	1	2	3	4	5
Caldo de cana	0%	1%	24%	52%	17%
Refrigerante	16%	37%	17%	20%	6%
Suco industrializado	28%	28%	19%	18%	2%
Suco fresco	21%	58%	26%	9%	0%
Água de coco industrializada	0%	6%	18%	29%	33%
Água de coco fresca	0%	3%	20%	51%	18%

1-todos os dias ou quase todos os dias, 2-pelo menos uma vez por semana, 3-pelo menos uma vez por mês, 4-poucas vezes por ano, 5-poucas vezes na minha vida. Número de consumidores=104.

A Tabela 17 aponta que 52% dos participantes consumiam caldo de cana poucas vezes ao ano. O caldo de cana não é uma bebida de alto consumo no Brasil, sendo comercializado expressivamente em sua forma *in natura* em lanchonetes informais e feiras livres, não tendo dados estatísticos publicados. Em relação às demais bebidas, 37% consomem refrigerantes pelo menos uma vez por mês, 28% consomem sucos industrializados pelo menos uma vez por semana. Comparando-se suco *in natura* com industrializado, o suco *in natura* apresenta consumo mais elevado, obtendo 58% das mesmas respostas. Grande parte dos consumidores preferem a água de coco *in natura* (51%) à água de coco industrializada (29%).

A técnica de Associação de Palavras é um método qualitativo simples e útil que utiliza psicologia e sociologia. Permite investigar as percepções dos consumidores por meio de estímulos verbais ou visuais. Os consumidores devem usar as primeiras palavras ou frases que estão associadas a esses estímulos (GÁMBARO et al., 2014; ANDRADE et al., 2016).

Os participantes se colocam livremente para expor suas ideias. É uma ferramenta interessante para explorar as percepções dos consumidores para novos conceitos. De acordo com Roininen, Arvola e Lähteenmäki (2006), as técnicas associativas indiretas são capazes de compreender os aspectos afetivos e menos conscientes das mentalidades dos entrevistados. Geralmente, apenas termos mencionados por mais de 10% dos participantes são considerados. A diferença na frequência de menção dos termos/categorias para cada tipo de produto é avaliada pelo teste Qui-quadrado. A Análise de Correspondência é empregada para obter

mapas bidimensionais que captam a relação entre termos gerados e suas categorias listadas pelos entrevistados com os tipos de produtos (GREENACRE; FARGAS, 2010).

No presente estudo, os termos gerados pelos consumidores foram agrupados em 33 categorias, a saber: acidez, acompanhamento, aditivos, aroma, atividade física, benefícios à saúde, característica do produto, clima, composição nutricional, cor, embalagem, emoção, fases da vida, frescor, funcionalidade, frutas, gaseificado, lazer, lugares, malefícios a saúde, manchas, marca, matéria-prima, natureza, pessoas, preferência, processamento, produtos, sabor, saciedade, saúde, temperatura do produto e textura.

Sendo que as categorias foram agrupadas dentro de 11 dimensões, a citar: alimentos, ambiente, clima, consumo, manchas, marketing, saúde, sensorial, social, psicológico e tecnologia.

A Tabela 18 mostra as dimensões e os termos declarados no teste de associação de palavras para o caldo de cana, chá mate, refrigerante cola e guaraná, suco de laranja e de uva e água de coco.

A categoria acompanhamento teve os termos mais citados para caldo de cana (51 vezes), referindo-se ao consumo com limão e com pastel. O consumo do refrigerante de guaraná (29 vezes) é acompanhado por lanches e refeições.

A categoria de benefícios à saúde teve termos principalmente utilizados para a bebida água de coco (79 vezes). Os exemplos relatados foram de hidratação, de ser um produto saudável e nutritivo, seguido na mesma categoria de saudabilidade. O suco de laranja (47 vezes) apresentou a característica de ser saudável e o chá mate (27 vezes) estimulante, saudável e é consumido quando as pessoas estão doentes.

Os consumidores reconhecem a presença de aditivos no refrigerante de cola (5 vezes) e no suco de uva (9 vezes) apenas. Como exemplo de aditivo no refrigerante de cola está o ácido e cafeína e no suco de uva, conservantes e corantes artificiais. O clima foi mencionado em 20 vezes no chá mate e está associado ao inverno e água de coco (27 vezes) está relacionada ao calor, sol e verão.

Tabela 18 – Tabela de contingência mostrando frequência de menções por categorias e dimensões

Dimensão	Categoria	Caldo de cana	Chá mate	Cola	Guaraná	Suco de laranja	Suco de uva	Água de coco
Alimentos	Característica produto	16	5	7	0	47	32	26
	Frutas	0	0	0	6	0	0	0
	Matéria-prima	0	0	0	0	0	0	5
	Produtos	0	0	0	0	0	37	0
Ambiente	Natureza	0	0	0	8	5	0	7
Clima	Clima	0	20	5	0	0	0	27
Consumo	Acompanhamento	51	22	26	29	24	7	0
	Temperatura produto	24	55	24	20	17	18	22
Manchas	Manchas	0	0	0	0	0	5	0
Marketing	Marcas	0	7	11	20	5	8	0
Saúde	Atividade física	0	0	0	0	0	0	5
	Benefícios saúde	0	27	5	8	47	0	79
	Composição Nutricional	16	0	58	0	18	0	0
	Funcionalidade	0	0	0	0	0	9	0
	Malefícios saúde	27	0	39	22	0	0	0
	Saúde	0	0	0	0	0	22	0
Sensorial	Acidez	0	0	0	0	39	10	0
	Aroma	9	13	0	0	0	6	0
	Cor	22	10	5	12	6	9	5
	Preferência	0	8	0	0	0	0	0
	Sabor	100	84	72	91	76	98	54
	Textura	0	5	0	0	8	0	7
Social	Fases da vida	10	5	0	5	0	6	0
	Lazer	13	26	22	26	15	11	65
	Lugares	31	0	0	17	0	15	0
	Pessoas	7	15	0	10	5	0	9
Psicológico	Emoção	10	22	25	17	12	9	8
	Frescor	19	15	27	31	39	20	40
	Saciedade	0	0	10	0	16	5	8
Tecnologia	Aditivos	0	0	5	0	0	9	0
	Embalagem	0	0	0	0	0	8	0
	Gaseificado	0	0	41	28	0	0	0
	Processamento	12	0	0	0	0	10	0

A categoria sabor foi a mais citada para todas as bebidas em questão, sendo que para o caldo de cana houve 100 menções de muito doce e gostoso, seguido do suco de uva que é considerado como muito doce e gostoso da mesma forma, assim como de ser forte e azedo. Por outro, lado a água de coco teve a menor quantidade de menções de sabor (54 vezes).

As cores das bebidas em estudo foram pouco expressivas sendo o que caldo de cana teve 22 menções e o guaraná 12 menções. Percebe-se que o consumidor ainda não sabe dizer com propriedade qual a cor do caldo de cana. A partir das observações da imagem apresentada durante a análise surgiram vários termos como amarelo, coloração bonita, clara, estranha, disforme, forte, não agradável, verde escuro e principalmente água suja e escura. Sabe-se que a presença de enzimas causa o escurecimento em poucas horas e por essa razão o caldo de cana é rejeitado na avaliação sensorial (BOMDESPACHO et al., 2017).

Apenas o refrigerante de guaraná e de cola receberam menções da categoria gaseificado. O aroma do chá mate foi associado a aromas bons obtendo a maior menção das bebidas avaliadas. O aroma presente no caldo de cana foi associado ao aroma de rapadura. No que se refere à temperatura do produto, todas as bebidas estão associadas ao modo de servir gelado, sendo que o chá mate foi associado tanto ao modo de servir gelado quanto a quente. Todas as bebidas foram associadas a frescor, variando de 15 a 40 menções. O refrigerante de cola foi a bebida mais associada a emoções de alegria, desejo e prazer. Seguida do chá mate associado com leveza, tranquilidade e relaxante.

A categoria Lazer teve termos mais associados à água de coco, o que conecta a bebida a momento de lazer em praia. O refrigerante guaraná e cola tem seu consumo associado a comemorações festivas e chá mate a momentos do café da tarde e casa da avó. Em relação a Fases da Vida, o caldo de cana foi relacionado a momentos da infância.

A categoria Pessoa foi relacionada ao chá mate incluem familiares (mãe e avó) e amigos. O refrigerante de guaraná também recebe menções nessa categoria - as pessoas são índios, familiares e amigos.

Apenas os refrigerantes foram associados a Marcas, para o guaraná foram citados Antártica (15), Tubaína (1), Dolle (1), Jesus (1) e para o refrigerante cola foram mencionados a Coca Cola (10) e Pepsi (1). A água de coco e o caldo de cana não foram associados com nenhuma marca.

Três bebidas foram ligadas a categoria Lugar o caldo de cana em primeira posição, com 31 menções, que abrangem desde a feira-livre, a canaviais e fazenda, a lugares sujos e sem higiene. O refrigerante de guaraná teve 17 menções para produto Brasileiro, e Suco de Uva com 15 menções que incluem missa católica e suco do restaurante universitário.

A categoria Natureza, Frutas e Textura apresentaram termos abaixo de 10 menções.

A categoria Faz mal à saúde inclui os refrigerantes tipo cola (39 menções) e guaraná (22) e caldo de cana (27). As palavras mais citadas para o refrigerante de cola foram que provoca prejuízos à saúde causando doenças como câncer, pedras nos rins, gastrite, diabetes, desconforto estomacal e obesidade. Também essas mesmas doenças são citadas para guaraná adicionadas de inchaço, enjoativo, dor de cabeça e sem benefícios a saúde. Curiosamente o caldo de cana também foi associado a malefícios à saúde, muitos dos participantes o correlacionaram a uma bebida enjoativa que causa principalmente dores abdominais, sono e pressão baixa.

A composição nutricional do refrigerante de cola foi associada a aspectos negativos, uma vez que apresentou as expressões calórico, zero nutrição, não saudável, sódio e muito açúcar.

Na categoria Característica do Produto, características positivas foram associadas com o suco de laranja, suco de uva, água de coco e caldo de cana. O suco de laranja foi descrito de diversas formas como natural, caseiro, gominhos, suco de jarra e industrial. Os consumidores do suco de uva conectaram com suco concentrado, fruta do pé, integral e natural. A água de coco relaciona com produto industrializado, puro e natural. O caldo de cana com natural, brasileiro e artesanal.

Na categoria Natureza estão o refrigerante guaraná associado à Amazônia e tropical, e a água de coco, com o coqueiro e com a natureza propriamente dita.

As associações indicaram que a textura da água de coco é leve e suave. O suco de laranja é encorpado, concentrado e denso.

Na categoria Saciedade de sede foram mencionados termos apenas para suco de laranja, refrigerante de cola, água de coco e chá mate.

A categoria Processamento foi associada ao suco de uva e ao caldo de cana. Foi conferido ao suco de uva o método de pasteurização e ao caldo de cana, moedor de cana, engenho e usina.

A categoria Acidez foi mencionada para o suco de laranja e o de uva, que foram associados com ácido e azedo.

O suco de uva apresentou categoria adicionais que não foram declaradas em nenhuma outra bebida. Foi incluída a categoria embalagem de suco de caixinha, garrafa de vidro e puro. Além de Machas, Saúde e Funcionalidade com presença de taninos, antioxidantes e flavonoides. Foram mencionados produtos como sucos de diferentes tipos, vinho, sagu e picolé.

A categoria Preferência foi citada apenas para chá mate e se relacionou com os termos com e sem vontade de consumir o chá.

A Figura 25 mostra o mapa bidimensional gerado pela análise de correspondência aplicada as frequências de menção das diferentes categorias de associações levantadas para as bebidas não-alcoólicas.

Figura 25 – Mapa bidimensional da análise de correspondência aplicada ao teste de associação de palavras para as bebidas não-alcoólicas

Mat prima: matéria-prima, Ativi física: atividade física, Benefisaúde: benefícios à saúde, Acompanha: acompanhamento, componutri: composição nutricional, Malsaúde: malefícios a saúde, Tempprod: Temperatura do produto, Caractprodu: características do produto. Número de consumidores: 104.

O primeiro fator explica 31,18% da variabilidade entre as amostras. Os dois fatores juntos, explicam 59,52%. O posicionamento das bebidas permite visualizar como elas estão relacionadas na mente dos consumidores. Verificou-se que as bebidas, água de coco, suco de laranja e chá mate estão próximas e foram associados ao bem-estar e saúde. Os consumidores mencionaram vários aspectos apontados pela promoção de saúde, em particular (benéficos à saúde, atividade física e funcionalidade), aos sensoriais (textura, acidez e aroma), alimentos (matéria-prima e característica do produto), psicológicos (saciedade e frescor). Conforme descrito anteriormente o caldo de cana posicionou-se próximo das bebidas gaseificadas e se relaciona com as associações lugares, acompanhamento e marcas. O suco de uva está isolado, não se relacionando às outras bebidas na percepção do consumidor.

Não foram encontrados trabalhos para bebidas com utilização de associação de palavras. Porém, alguns trabalhos têm usado associação de palavras para conhecer os alimentos. Boelsma et al. (2010) usou escalas para avaliar aspectos fisiológicos (plenitude e saciedade) e aspectos subjetivos (satisfação, prazer, relaxamento, energia física, sonolência) do bem-estar percebido pelos consumidores em relação às refeições com proteínas e carboidratos.

Do mesmo modo, King et al. (2012) elaboraram um questionário, incluindo cinco dimensões (física, emocional, intelectual, social e espiritual) para medir a influência da percepção do consumidor sobre o bem-estar dos alimentos.

Ares et al. (2015) exploraram a técnica de associação de palavras sobre as opiniões dos consumidores de cinco países: Brasil, França, Portugal, Espanha e Uruguai. Nos cinco países, o bem-estar era principalmente associado à calma, saúde, felicidade, produtos alimentares, emoções positivas e satisfação com aspectos de vida. Enquanto isso, os consumidores consideravam características sensoriais, processos de fabricação, composição nutricional e ao consumo de alimentos como os principais fatores implícitos à relação dos alimentos ao bem-estar. Legumes, frutas, peixe e frutos do mar, produtos à base de carne, grãos e cereais e produtos lácteos foram os principais alimentos reconhecidos como positivos para o bem-estar.

5.1.8 Estudo de vida de prateleira

Com a finalidade de identificar o(s) mecanismo(s) predominantes que atuam na degradação do caldo de cana pasteurizado refrigerado e estimar o seu tempo de vida útil, conduziram-se testes físico-químicos, enzimáticos, análise instrumental de cor, ensaios microbiológicos e sensoriais.

5.1.8.1 Testes físico-químicos

A Tabela 19 apresenta os resultados das determinações de pH, densidade, sólidos solúveis, acidez e *ratio* das amostras de caldo pasteurizado, acondicionado assepticamente em garrafas de PET monocamada pigmentadas na cor branca, fechadas com tampas de rosca de polipropileno com selo de alumínio, com volume 350 mL, estocado a 7 °C na ausência de luz. O estudo foi interrompido para os cultivares quando ocorreu rejeição dos mesmos nos testes de escala hedônica e/ou por desenvolvimento microbiano além dos limites pré-estabelecidos no item 4.5.1.

Tabela 19 – Resultados dos testes físico-químicos em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C

Tempo de estocagem (dias)	pH	Densidade (g/mL)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez (g ácido cítrico/100 mL)	Ratio
C1					
0	5,1 ^A ±0,1	1,17 ^B ±0,0	22,6 ^A ±0,0	0,049 ^A ±0,0	463,4 ^A ±3,1
30	5,1 ^A ±0,0	1,27 ^A ±0,0	22,2 ^A ±0,4	0,064 ^B ±0,0	347,1 ^B ±1,9
C2					
0	5,3± 0,0	1,18±0,0	17,7±0,1	0,097±0,0	182,0±2,3
C3					
0	5,1± 0,0	1,18±0,0	17,9±0,0	0,077±0,0	231,0±1,9
C4					
0	5,2 ^A ±0,0	1,16 ^B ±0,0	18,6 ^A ±0,0	0,096 ^A ±0,0	193,9 ^A ±2,8
30	5,2 ^A ±0,1	1,21 ^A ±0,0	18,2 ^B ±0,0	0,095 ^A ±0,0	192,3 ^A ±4,7
C5					
0	5,1 ^A ±0,0	1,18 ^A ±0,0	22,7 ^A ±0,1	0,112 ^A ±0,0	202,0 ^B ±1,8
30	5,2 ^A ±0,1	1,20 ^A ±0,0	22,6 ^A ±0,2	0,112 ^A ±0,0	201,7 ^B ±4,2
40	5,2 ^A ±0,0	1,21 ^A ±0,0	22,5 ^A ±0,0	0,104 ^B ±0,0	217,2 ^A ±2,9
C6					
0	5,1±0,0	1,22±0,0	22,6±0,0	0,068±0,0	330,1±3,4
C7					
0	5,1±0,0	1,19±0,0	21,5±0,1	0,098±0,0	219,2±5,6
C8					
0	4,8 ^A ±0,0	1,22 ^A ±0,0	22,2 ^A ±0,0	0,094 ^A ±0,0	236,2 ^A ±0,1
30	5,0 ^A ±0,0	1,22 ^A ±0,0	22,2 ^A ±0,1	0,088 ^A ±0,0	253,2 ^A ±2,7
40	5,0 ^A ±0,2	1,21 ^A ±0,0	22,1 ^A ±0,0	0,089 ^A ±0,0	248,9 ^A ±14,1

Médias (3 repetições) seguidas pelo mesmo expoente na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem para o mesmo cultivar) não diferem entre si ($p > 0,05$); $n=3$; C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

A Tabela 19 indica, que para C1, C5 e C8 não houve diferença estatística entre todas as médias, determinadas ao longo do tempo de estocagem a 7°C, para o pH, densidade e teor de sólidos solúveis, exceto para avaliação de densidade no tempo zero de C1.

Em relação a variação da acidez titulável pode ter ocorrido pela mudança na composição da matéria-prima, pela alteração durante o tempo de estocagem, ou ainda por uma eventual síntese de ácido lático e acético por microrganismos resistentes à pasteurização.

As diferenças no *ratio* podem ser justificadas pelas diferenças nas médias de acidez titulável e de teor de sólidos solúveis. O *ratio* é um notável indicador de qualidade, uma vez que é um parâmetro prático e simples para avaliar a palatabilidade de uma bebida.

Yusof, Shian e Osman (2000) avaliaram caldo de cana *in natura* estocado a 10 °C por 14 dias. O pH sofreu uma queda progressiva, iniciando-se com 5,7 e atingindo 4,7 após 15 dias. A redução do pH pode ser atribuída à produção de ácidos acético e lático. Ademais, observaram grande oscilação ao longo dos dias de estocagem, sendo que houve um aumento no teor de sólidos solúveis de 16 °Brix até o sétimo dia para 16,8 °Brix. Este aumento foi associado à degradação de oligossacarídeos, como a sacarose, em monossacarídeos e ácidos. Notou-se que acidez titulável iniciou com 0,045% mantendo-se neste valor até ao 13° dia de estocagem, depois foi observado uma oscilação até chegar 0,14% no 15° dia.

Mao, Xu e Que (2007) avaliaram alterações físico-químicas em amostras de caldo de cana *in natura* e adicionado de 0,1% de ácido ascórbico. As amostras foram acondicionadas em garrafas de vidro e estocadas a 10 °C durante 6 dias. A acidez titulável no caldo *in natura* aumentou rapidamente após 4 dias para amostras sem adição de ácido ascórbico. O aumento da acidez foi concomitante com a diminuição do valor do pH, que reduziu de 5,5 para 3,9. Este comportamento pode ser atribuído à produção de ácido acético e ácido lático durante o desenvolvimento microbiano.

Em ambos os estudos apresentados, existem diferenças em relação a esses valores e os obtidos no presente estudo. Tais divergências podem ser atribuídas ao processamento, sistema de embalagem, a condição de estocagem e principalmente ao cultivar.

5.1.8.2 Testes enzimáticos

Os resultados das determinações de atividade de PPO e PDO são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Atividade das enzimas Polifenoxidase (PPO) e Peroxidase (PDO) em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C

Tempo de estocagem (dias)	PPO (U/mL)	PDO (U/mL)
C1		
0	3,9 ^A ±1,0	33,2 ^A ±0,3
30	5,1 ^A ±0,2	23,1 ^B ±1,4
C2		
0	3,0±0,2	5,2±0,4
C3		
0	2,6±0,0	6,7±0,3
C4		
0	2,3 ^A ±0,1	7,0 ^A ±0,4
30	1,8 ^B ±0,0	4,2 ^B ±0,1
C5		
0	5,8 ^B ±0,1	21,4 ^C ±0,1
30	6,9 ^A ±0,1	40,1 ^A ±2,0
40	4,8 ^C ±0,0	25,1 ^B ±0,2
C6		
0	4,8±0,1	16,6±0,1
C7		
0	4,9±0,0	14,0±0,2
C8		
0	4,7 ^C ±0,1	10,1 ^C ±0,4
30	5,3 ^B ±0,1	19,1 ^A ±0,0
40	5,4 ^A ±0,1	11,3 ^B ±0,6

Médias seguidas pelo mesmo expoente na mesma coluna (comparação entre tempos de estocagem para o mesmo cultivar) não diferem entre si ($p > 0,05$); n=3; C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

Constatou-se diferença significativa entre os tempos de estocagem para a atividade de PDO e PPO, para C1, C4, C5 e C8. O pH e a temperatura são dois fatores-chave que influenciam muito a atividade catalítica das enzimas. Atribuiu-se este resultado ao pH ótimo para atuação das enzimas e principalmente por depender do substrato e da origem da amostra (BRAVO; OSORIO, 2016). De acordo com Zhang e Shao (2015), as enzimas PPO e POD possuem atividade máxima a pH 5,5 e 5,0, respectivamente, enquanto a temperatura ideal é de 30 °C para PPO e 35 °C para POD, respectivamente. A PPO é mais termolábil do que a POD. Contudo, estas características são variáveis e dependente do cultivar da matéria-prima.

Além disso, altas temperaturas de processamento podem inativar a PPO, tal hipótese foi confirmada na observação de Va'mos-Vigya'zo (1981) em que a referida enzima foi inativada a 80 °C/50 s.

Kunitake (2012) estimou a vida útil de diferentes lotes de caldo de cana adicionado de polpa de maracujá, processados a 85, 90 e 95 °C/30 s, envasado assepticamente em garrafas de PET cristal e estocado a $6,5 \pm 0,5$ °C na ausência de luz. A pasteurização impactou positivamente na inativação de enzimas que deterioram a qualidade do caldo, contudo a POD foi inativada somente pela temperatura mais severa.

Geremias-Andrade (2014) estudou a estabilidade e avaliou a qualidade do caldo de cana *in natura* e padronizado (19,4 °Brix e 0,084% de acidez), pasteurizado a 95 °C por 30 s. Para o caldo processado, as médias de atividade de POD e PPO foram de 2,1 e 1,03 U/mL, respectivamente, próximas àquelas obtidas no presente trabalho.

No presente estudo, o binômio aplicado na pasteurização não alcançou a inativação plena das enzimas, podendo este fato promover um certo grau de escurecimento do caldo. Todavia, o emprego de um binômio tempo x temperatura mais severo poderia favorecer a ocorrência de reações de caramelização, em virtude do elevado teor de sacarose presente no caldo de cana.

5.1.8.3 Análise de cor

Os resultados das determinações dos parâmetros de L^* , a^* e b^* são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Resultados dos testes de cor dos caldos de cana pasteurizados estocados a 7 °C

Tempo de estocagem (dias)	L^*	a^*	b^*
C1			
0	31,9 ^A ±0,1	8,9 ^B ±0,1	20,4 ^A ±0,3
30	28,2 ^B ±0,9	9,8 ^A ±0,3	18,8 ^B ±0,5
C2			
0	31,1±0,3	7,6±0,1	19,6±0,3
C3			
0	28,5±0,2	12,9±0,1	25,8±0,2
C4			
0	37,1 ^B ±0,1	8,0 ^B ±0,1	32,7 ^A ±0,2
30	38,0 ^A ±0,2	8,9 ^A ±0,0	33,4 ^A ±0,6
C5			
0	33,3 ^B ±1,2	5,8 ^B ±0,1	24,2 ^A ±0,3
30	35,9 ^A ±0,2	5,3 ^C ±0,1	19,7 ^C ±0,3
40	33,5 ^B ±0,4	6,2 ^A ±0,1	23,0 ^B ±0,1
C6			
0	27,9±0,1	10,0±0,1	22,4±0,3
C7			
0	31,8±0,3	6,8±0,1	23,7±1,0
C8			
0	31,4 ^C ±0,2	9,1 ^A ±0,0	24,2 ^A ±0,3
30	34,2 ^A ±0,3	8,3 ^B ±0,3	18,7 ^C ±0,7
40	33,3 ^B ±0,5	8,8 ^{AB} ±0,3	21,1 ^B ±0,7

L^* = 0 preto e L^* = 100 branco, $+a^*$ = vermelho, $-a^*$ = verde, $+b^*$ = laranja, $-b^*$ = azul. Médias seguidas pelo expoente diferente na mesma coluna não diferem entre si ($p > 0,05$); $n=3$; C1 - IAC 95500; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250.

Os resultados do presente estudo apresentaram variabilidade em seus valores conforme o cultivar. Em C1, C4, C5, C8, nota-se que para as variáveis L^* , a^* , b^* houve diferença significativa entre as amostras ao longo de todo o período de estocagem a 7°C, exceto para parâmetro b^* de C4. Percebe-se que existe variação com valores um pouco maiores ou menores de acordo com tempo de estocagem.

Mao, Xu e Que (2007) perceberam escurecimento na amostra controle com uma diminuição rápida do valor de L^* nos primeiros 2 dias. Depois, a cor tornou-se mais leve com valores de L^* crescentes. O aumento dos valores de L^* durante o período tardio de armazenamento estaria relacionado com a sedimentação de compostos marrons.

Yusof, Shian e Osman (2000) verificaram que a temperatura e o tempo de estocagem influenciaram “ligeiramente” a cor do caldo de cana. As taxas de alteração de cor para as amostras estocadas a 27 °C e 10 °C tiveram comportamentos semelhantes com declínio nos primeiros 4 dias.

A Figura 26 ilustra os resultados do cálculo da Diferença Total de Cor (DTC), utilizando a diferença dos parâmetros de luminosidade, cromática a^* e b^* para amostras de caldo extraídas de diferentes cultivares de cana ao longo do tempo da vida útil.

Figura 26 – Diferença Total de Cor (DTC) para as amostras de caldo de cana

C1 - IAC 955000; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C8 – SP 813250. $DTC = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$

O cálculo da Diferença Total de Cor foi realizado nas amostras de caldo que tiveram pelo menos dois tempos de estocagem, inicial e final, ou seja, tempo zero e tempo 30 ou 40 dias. A Figura 26 evidencia que C4 e C5 foram menos sensíveis à alteração de cor, contrastando com C1 e C8, que foram mais afetados durante o período de estocagem.

5.1.8.4 Testes microbiológicos

Para avaliar a estabilidade microbiológica do produto procedeu-se à contagem total de aeróbios mesófilos, bolores e leveduras e contagem de aeróbios psicrotróficos.

Para aceitação do produto e continuidade dos testes foram estabelecidos os seguintes critérios (que deveriam ser satisfeitos concomitantemente): (1) contagem de mesófilos aeróbios < 5 log UFC/mL, (2) bolores e leveduras < 4 log UFC/mL e (3) contagem de psicrotróficos < 3 log UFC/mL. Os resultados obtidos no estudo da estabilidade microbiológica estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 – Médias das contagens (log UFC/mL) de mesófilos, bolores e leveduras e psicrotróficos em caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C

Tempo de estocagem (dias)	Mesófilos	Bolores e leveduras	Psicrotróficos
C1			
IC1- <i>In natura</i>	5,2	3,4	4,6
0	2,9	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
30	3,0	1,6	2,0
C2			
IC2- <i>In natura</i>	4,1	2,0	3,5
0	1,7	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
C3			
IC3- <i>In natura</i>	4,8	3,1	3,8
0	2,4	1,3	<1,0 _{est}
C4			
IC4- <i>In natura</i>	6,2	3,3	4,5
0	2,6	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
30	4,7	<1,0 _{est}	4,5
C5			
IC5- <i>In natura</i>	6,3	4,6	5,1
0	3,9	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
30	3,8	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
40	3,6	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
C6			
IC6- <i>In natura</i>	5,2	3,7	5,1
0	2,3	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
C7			
IC7- <i>In natura</i>	6,1	4,6	4,5
0	4,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
C8			
IC8- <i>In natura</i>	5,3	3,8	4,2
0	2,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
30	2,1	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}
40	1,5	<1,0 _{est}	<1,0 _{est}

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. est- contagem estimada. Contagem em negrito: Desacordo aos critérios adotados.

As contagens foram realizadas em três unidades (embalagens) de cada lote processado antes de cada sessão de análise sensorial. As amostras mantiveram-se estáveis durante o estudo microbiológico. Os obstáculos (fatores extrínsecos) que

favoreceram a estabilidade microbiológica da bebida incluem a pasteurização, o envase asséptico em garrafas previamente descontaminadas e a estocagem refrigerada.

As análises microbiológicas foram interrompidas por conta da depreciação da qualidade sensorial do produto, que resultou na sua rejeição (item 5.1.9.5).

Mao, Xu e Que (2007) obtiveram contagens totais em caldo de cana *in natura* na faixa de 2,5 a 8,0 log UFC/mL ao longo de 6 dias de estocagem a 10 °C. No entanto, o desenvolvimento de bolores só pôde ser detectado no sexto dia. Células de leveduras não foram detectadas. A estocagem refrigerada estende a fase *lag* e aumenta a vida útil. Altos teores de açúcar contribuem para acelerar o desenvolvimento bacteriano.

5.1.8.5 Testes sensoriais

5.1.8.5.1 Teste de escala hedônica

A Tabela 23 mostra as médias de notas obtidas nos testes de escala hedônica, no início e ao término do estudo de vida de prateleira. Salienta-se que as análises foram interrompidas quando as médias foram iguais ou inferiores a 5 e/ou as porcentagens de aceitação inferiores a 60%.

Tabela 23 – Médias de aceitação para os tempos inicial e final do estudo de vida útil de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C

Tempo de estocagem (dias)	(média ¹ / %aceitação ²)			
	Aparência		Sabor	
	Controle	Amostra	Controle	Amostra
C1				
t ₀	6,8/ 82		6,8/ 84	
t ₃₀	5,7/ 54	4,9/ 41	6,0/ 60	5,3/ 49
C2				
t ₀	5,9/ 64		5,0/ 39	
t _f	-		-	
C3				
t ₀	4,8/ 45		5,7/ 59	
t _f	-		-	
C4				
t ₀	7,1/ 87		6,3/ 73	
t ₃₀	7,0/ 83	6,5/ 76	7,3/ 88	5,5/ 62
C5				
t ₀	6,3/ 68		6,1/ 70	
t ₄₀	6,0/ 67	6,0/ 68	5,6/ 57	5,2/ 46
C6				
t ₀	5,3/ 49		6,6/ 77	
t _f	-		-	
C7				
t ₀	5,9/ 60		5,7/ 58	
t _f	-		-	
C8				
t ₀	5,9/ 60		5,9/ 61	
t ₄₀	6,3/ 70	6,0/ 64	6,9/ 88	5,9/ 63

t₀= tempo zero (inicial); t_f= termino da avaliação sensorial. -: Não analisado devido aos critérios adotados para seguir com os testes. C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250. ¹Médias de notas do teste hedônico. ²Porcentagens de notas superior a 5 na escala de 9 pontos (1=desgostei muitíssimo; 5 nem gostei/nem desgostei; 9=gostei muitíssimo). Controle- amostra estocada a -18 °C e descongelada a 0 °C no dia anterior às análises. Valores em negrito: Não atingiram os critérios adotados.

Os cultivares C2, C3, C6 e C7 não satisfizeram aos critérios estabelecidos para aceitação do produto, logo à primeira avaliação sugerindo que não são adequados para a extração de caldo de cana destinado à pasteurização. Em oposição, C5 e C8 obtiveram índices superiores de aceitação, alcançando uma estabilidade superior a 30 dias.

O cultivar C4 foi excluído na avaliação subsequente (30 dias) devido à produção de gás e à elevada contagem de microrganismos mesófilos e psicrotróficos, 4,7 e 4,5 log UFC/mL, respectivamente (Tabela 22). Ademais, observou-se a formação de gomas em C4, C6 e C7 após 30 dias.

As notas das amostras nos testes de escala hedônica variaram de 4,8 a 7,3 que correspondem a “nem gostei/nem desgostei” a “gostei moderadamente”.

Em complementação à avaliação da aceitação, mensurou-se a atitude de compra. As Figuras 27, 28 e 29 mostram a intenção de compra avaliada no início e fim do estudo da estabilidade sensorial.

Figura 27 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C no início do estudo de vida útil (t_0)

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 - RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 - CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 - SP 813250. Temperatura de estocagem (7 °C). 1-Eu certamente não compraria este produto; 2-Eu provavelmente não compraria este produto; 3-Eu tenho dúvidas se compraria ou não este produto; 4-Eu provavelmente compraria este produto; 5-Eu certamente compraria este produto.

A Figura 27 mostra o alto índice de rejeição dos cultivares C2, C3 e C7, uma vez que os três receberam a mesma porcentagem de nota somando 39% das respostas de “certamente não compraria esse produto” (1) e “provavelmente não compraria esse produto” (2).

Destaca-se que C1 e C4 obtiveram maiores índices de intenção de compra, tendo recebido 61% e 53%, respectivamente, de respostas entre “provavelmente compraria esse produto” (4) e “certamente compraria esse produto” (5).

Após 30 dias de estocagem (Figura 28), C8 obteve a maior porção de atitude de compra (48% do somatório das respostas provavelmente e certamente compraria o produto).

Figura 28 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado 7 °C após 30 dias de estocagem

C1 - IAC 955000; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C8 - SP 813250. Temperatura de estocagem (7 °C) e (-18 °C). 0-Eu certamente não compraria este produto; 1-Eu certamente não compraria este produto; 2-Eu provavelmente não compraria este produto; 3-Eu tenho dúvidas se compraria ou não este produto; 4-Eu provavelmente compraria este produto; 5-Eu certamente compraria este produto.

As amostras controle dos cultivares C4 e C8 obtiveram maior percentual de atitude positiva de compra (67% e 57% respectivamente) (Figura 38).

A Figura 29 mostra a intenção de compra obtida para as amostras após 40 dias de estocagem.

Figura 29 – Distribuição de frequência (%) da atitude de compra das amostras de caldo de cana pasteurizado estocado a 7 °C após 40 dias de estocagem

C5 - CTC 9001; **C8** – SP 813250. Temperatura de estocagem (7 °C) e (-18 °C). 1-Eu certamente não compraria este produto; 2-Eu provavelmente não compraria este produto; 3-Eu tenho dúvidas se compraria ou não este produto; 4-Eu provavelmente compraria este produto; 5-Eu certamente compraria este produto.

Após 40 dias, (Figura 29) constatou-se que, entre as amostras controle, o maior percentual de atitude de compra foi verificado para C8, somando 61% das respostas “certamente compraria este produto” (5) e “provavelmente compraria este produto” (4). C5 e C8 situaram-se entre 26 e 35% do somatório das respostas “provavelmente compraria este produto” (4) e “certamente compraria este produto” (5), respectivamente.

A Tabela 24 apresenta os tempos de vida útil estimados assim como o fator determinante na sua definição, em conformidade com os critérios pré-estabelecidos.

Tabela 24 – Estimativa de vida útil de caldo de cana pasteurizado, acondicionado assepticamente em garrafas de PET estocadas a 7 °C na ausência de luz

Cultivar	Vida útil (dia)	Fator Limitante	Considerações
C1	30	Sensorial	Rejeição da aparência no 30º dia
C2	1	Sensorial	Rejeição do sabor no tempo zero (t_0) do estudo
C3	1	Sensorial	Rejeição da aparência em t_0
C4	30	Microbiológico	Indícios de deterioração após 30 dias
C5	40	Sensorial	Rejeição do sabor após 40 dias
C6	1	Sensorial	Rejeição da aparência em t_0
C7	1	Sensorial	Rejeição do sabor em t_0
C8	40	Estoque	Esgotamento do estoque

C1 - IAC 955000; C2 - SP 832847; C3 – RB 92579; C4 - RB 867515; C5 - CTC 9001; C6 – CTC 2; C7 - CTC 9003; C8 – SP 813250.

A Tabela 24 mostra grandes variações na vida útil estimada para os diferentes cultivares. Nas condições do presente estudo, os cultivares C2, C3, C6 e C7, a vida útil limitou-se a 1 dia, sugerindo que estes cultivares não são adequados para o processamento da bebida para consumo direto, uma vez que foram rejeitados no início do estudo. Para os demais cultivares, a vida útil variou entre 30 e 40 dias.

Kunitake (2012) estimou a vida útil de caldo de cana acidificado com polpa de maracujá, processado a 85, 90 e 95 °C/30 s, envasado assepticamente em garrafas de PET e estocado a $6,5 \pm 0,5$ °C na ausência de luz. A autora obteve os tempos de vida útil equivalente em 31, 39 e 52 dias, respectivamente, para os binômios citados. A escassez de dados acerca do tempo de vida útil de caldo de cana integral pasteurizado limitou uma discussão comparativa mais aprofundada.

5.1.8.6 Análise morfológica de gomas formadas durante a estocagem do produto

Após 30 dias do estudo da vida útil do caldo pasteurizado observou-se a formação de gomas, de variadas formas, tamanhos e suspensas dentro da

garrafa, às amostras dos cultivares C6, C7 e C4, conforme as imagens apresentadas na Figura 30.

Figura 30 – Gomas formadas em caldo de cana pasteurizado após 30 dias de estocagem a 7 °C

Fonte: Própria autoria.

Após a secagem, as gomas foram observadas ao microscópio eletrônico de varredura (Figura 31).

As gomas apareceram com pouca frequência durante a estocagem. Alguns lotes apresentaram este fenômeno atípico, sendo assim algumas embalagens com alterações visuais foram separadas e investigadas.

Figura 31 – Micrografia de gomas contidas na amostra de caldo de cana do cultivar CTC 2(C6) com a técnica MEV(EDS)

Fonte: Própria autoria.

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) no caldo de cana do cultivar CTC 2 capturou a presença de material filamentosos entre as gomas secas. Esse material, provavelmente, deve-se a contaminação microbiana.

A cana-de-açúcar, assim como o caldo, são substratos ideais para o rápido desenvolvimento microbiano. A microflora do caldo de cana industrial é composta principalmente por espécies dos gêneros *Leuconostoc* e *Bacillus* (cerca de 60% a 70%), 10% de gêneros diversos de bactérias, entre elas *Lactobacillus*, e o restante por leveduras (SANTOS et al., 2013).

O grupo das bactérias são termossensíveis e compreende 11 gêneros de bactérias Gram positivas, amplamente distribuídas na natureza. O grupo inclui bastonetes e cocos não esporulados, aeróbios, microaerófilos ou anaeróbios facultativos. A maioria delas é inativada a temperaturas superiores a 70 °C (MOGENSEN et al., 2003, BURGAIN et al., 2014).

Leuconostoc mesenteroides e espécies de *Lactobacillus* e *Bacillus* são de ocorrência bastante comum na cana. *Leuconostoc spp.* é um dos mais relevantes por sintetizar a dextransucrase. Esta enzima polimeriza a sacarose em dextrana, polissacarídeo altamente viscoso. A incidência deste fenômeno tem grande impacto

nas etapas de filtração, além de reduzir o grau de pureza no produto final (OLIVEIRA; ESQUIAVETO; SILVA JÚNIOR, 2007).

A formação de gomas pode ter origem no campo, antes mesmo da colheita. Conforme Caldas, Silva e Carvalho (1998), o teor de dextrana tem relação exponencial em função do tempo gasto entre a queima, corte e processamento industrial. Danos físicos causados por insetos ou por ação climática, e fraturas devido ajuste incorreto de colheitadeira mecânica favorecem o desenvolvimento de microrganismos.

A contaminação da cana é influenciada diretamente pela temperatura, umidade e estação climática durante a safra, além de outros fatores como impureza da cana e incidência de pragas (como broca da cana) que devem ser considerados durante a avaliação da eficiência industrial (OLIVEIRA et al., 2002).

Estes fatores provocam deterioração imediata da qualidade da cana uma vez que se têm condições de temperatura e da incorporação de agentes. Tudo isso resulta no consumo de açúcar e na formação de substâncias como gomas (dextranas e levanas) e ácidos orgânicos (lático e acético), de origem microbiana (SANTOS et. al., 2013).

As bactérias em questão produzem moléculas de alta massa molar que consistem numa cadeia de glicose linear em α -(1 $\rightarrow$ 6) ligação ao longo com uma pequena proporção de α -(1 $\rightarrow$ 3) ramificada, respectivamente (ZHANG et al., 2008; SIDDIQUI et al., 2014). Ao final do processo, há a liberação de frutose, cuja decomposição rápida, em decorrência da sua instabilidade quando livre no meio, resulta em ácidos orgânicos que, reduz o pH. Com isso, o aumento na taxa de inversão de sacarose por catálise ácida é favorecido.

A formação de gomas pode ocorrer durante a inversão/hidrólise da sacarose pela ação da enzima invertase ou sacarase, ou a partir da ação de ácidos de origem bacteriana combinada com a temperatura da ordem de 60-65 °C (MELO et al., 1998).

A redução do pH por incremento nos níveis de ácidos orgânicos auxilia no controle da formação de dextranas (MARTINS; SILVA, 2012).

As bactérias do gênero *Lactobacillus* são produtoras de ácidos orgânicos (lático e acético) que induz o fenômeno conhecido como floculação em equipamentos, aumentando o tempo de fermentação, o custo de produção, com comprometimento do rendimento do processo (VILELA et al., 2008; LI et al., 2017).

A segunda imagem da análise de MEV (Figura 32) no caldo de cana dos cultivares CTC 9003 (C7) e RB 867515 (C4) mostram a presença de um material fibroso entre as gomas. Supõe-se que este material seja uma fibra de celulose da própria cana que ficou retida durante a filtração após a extração do caldo (MARQUES et al., 2008).

Figura 32 – Micrografias de gomas secas contidas na amostra de caldo de cana nos cultivares CTC 9003 (esquerda) e RB 867515 (direita) pela técnica de MEV

Fonte: Própria autoria.

Essas alterações físicas no caldo podem causar rejeição por parte do consumidor.

Caliari, Soares Jr. e Gomes (2004) irradiaram caldo de cana recém-extraído do cultivar RB 72454, e submeteram à filtração ultrassônica, com o objetivo de destruir as células de *Leuconostoc mesenteroides*. Os resultados mostraram que a maior taxa de mortalidade (TM%) (10,6%) foi obtida com a potência de 50 W, por 225 segundos, em caldo de cana com 18 °Brix, pH 4,5 e 45 °C. A faixa ótima de pH para multiplicação de *L. mesenteroides* situa-se entre 5,5 e 6,0. Dessa forma, o pH 4,5 foi adverso para o microrganismo estudado, potencializando sua taxa de mortalidade (TM%). O efeito do teor de sólidos solúveis (10 a 18 °Brix) foi significativo sobre a taxa de mortalidade de *L. mesenteroides*. À medida que se diminuiu o teor de sólidos solúveis ocorreu uma diminuição da TM%. Porém, seria inviável trabalhar em nível industrial com teores acima de 18 °Brix ou abaixo de 10 °Brix, na extração.

Bashari et al. (2013) extraíram dextrana de cana deteriorada pelas técnicas de precipitação de álcool e cromatografia de filtração em gel. Com base em todos os espectros, o SC-Dex mostrou um polissacarídeo ramificado com resíduos de D-glicose em períodos consecutivos, ligações α - (1-6) na cadeia principal com ramificações α - (1-3). A análise de metilação mostrou que, o grau de ramificação α -

(1-3) foi de 4,37%. Diversas estruturas fragmentadas foram identificadas a partir do espectro MALDI-TOF com pico-diferença de massa de 162 g/mol, o que confirmou que a unidade de repetição no SC-Dex era glicose. A morfologia da superfície do SC-Dex, foi estudada usando microscopia eletrônica de varredura, revelou uma estrutura esférica e porosa.

Geremias-Andrade (2014) concluiu que a depreciação sensorial da bebida e a presença de sedimentos sólidos (gomos) limitou a vida útil de caldo de cana pasteurizado, padronizado e acondicionado a 4 °C, 8 °C e 12 °C. Os tempos médios de vida de prateleira estimados foram 71, 74 e 23 dias, respectivamente.

Por outro lado, há trabalhos que relatam o efeito benéfico por parte da fermentação. Park et al. (2016) salientam que *Leuconostoc mesenteroides* ssp. cepa de dextranicum DSM 20484 é uma bactéria produtora de ácido láctico Gram-positiva, em forma de cocos, não esporulada, que pertence à família *Leuconostocaceae*. É classificada de dextranicum DSM 20484, portanto, a cepa pode ser considerada como uma cepa probiótica. Serão necessárias investigações que possam avaliar mais profundamente a formação de gomas em caldo de cana.

6 CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente trabalho de pesquisa foram:

- ✓ O cultivar da matéria-prima impactaram consideravelmente na qualidade e na estabilidade do caldo de cana.
- ✓ A composição da matéria-prima variou significativamente ao longo do período de estocagem.
- ✓ As taxas de degradação da cor do caldo de cana *in natura* extraído de diferentes cultivares foram consideravelmente distintas.
- ✓ A combinação do tratamento térmico e envase asséptico e estocagem refrigerada foi efetiva na estabilização do produto.
- ✓ A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) gerou 14 termos descritores para o caldo de cana, porém a equipe treinada detectou diferenças entre os caldos de cana para apenas 5 descritores.
- ✓ A metodologia CATA foi mais efetiva que a ADQ. Os descritores aroma de rapadura, homogeneidade e aroma doce dirigiram a aceitação, indicando que estas características são relevantes para os consumidores.
- ✓ No teste de associação de palavras verificou-se que alguns consumidores associam o caldo de cana com malefícios à saúde, o que indica que as características benéficas desta bebida ainda são pouco conhecidas.
- ✓ A depreciação da qualidade sensorial foi o principal fator que determinou o tempo de vida útil do caldo de cana extraído da maioria dos cultivares estudados.

7 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

- ✓ Investigar a viabilidade de produção de caldo de cana gaseificado.
- ✓ Cultivar grãos de *Kefir* em caldo de cana visando ao desenvolvimento de um novo produto.
- ✓ Avaliar a estabilidade microbiológica do caldo de cana incluindo a análise de bactérias lácticas durante a estocagem refrigerada.
- ✓ Determinar os compostos voláteis do caldo de cana por meio da técnica de olfatometria, a partir das percepções que foram geradas pela equipe de ADQ.
- ✓ Aprofundar a investigação acerca da formação de gomas em caldo de cana.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

ALVARENGA, T. C.; SILVA NETO.; F. H.; MARQUES, M. O. Atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase em caldos de três cultivares de cana-de-açúcar, extraídos de diferentes partes do colmo. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v.1, 2010. Suplemento. Apresentado na SEMANA DE TECNOLOGIA DO CURSO DE BIOCOMBUSTÍVEIS DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE JABOTICABAL, 3., 2010, Jaboticabal. Disponível em: <<http://www.citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/view/148/pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

ANDRADE, I. M. G. et al. Standardization of pasteurized sugarcane juice. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, Bophal, v. 2, p. 794-797, 2014.

ANDRADE et al. Understanding consumers' perception of lamb meat using free word association. **Meat Science**, Amsterdam, v. 117, p. 68-74, 2016.

ANJOS, I. A.; FIGUEIREDO, P. A. M. Aspectos fitotécnicos do plantio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. 882 p.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 5. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 601 p.

ARES, G. et al. Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. **Food Quality and Preference**, Kidlington, v. 40, p. 304-315, 2015.

ARES, G. et al. Are consumer profiling techniques equivalent for some product categories? The case of orange-flavoured powdered drinks. **International Journal of Food Science & Technology**, Mayiladuthurai, v.46, p.1600-1608, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2010.

_____. **Method n. 110402, AOAC n. 110402**: official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.

_____. **Method n. 2003.12, AOAC n. 2003.12**: official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2000.

_____. **Method n.956.01, AOAC ch.3**: official methods of analysis of AOAC International. 6th ed. Gaithersburg: AOAC International, 1996.

BARBOSA, V. F. A. M. Característica das principais variedades de cana plantadas no estado de São Paulo e recomendações de manejo: sistema de plantio. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2013. p. 27-48.

BASHARI, M. et al. Separation and characterization of dextran extracted from deteriorated sugarcane. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 59, p. 246-254, 2013.

BASSO, L. C.; BASSO, T. O.; ROCHA, S. N. Ethanol production in Brazil: the industrial process and its impact on yeast fermentation. In: BERNARDES, M. A. S. (Ed.). **Biofuel production-recent developments and prospects**. Rijeka: Intech. 2011. p. 85-100.

BIOCONTROL. Conheça o ciclo biológico da praga. 2017. Disponível em: <<http://www.biocontrol.com.br/produtos-cotesia.php>> Acesso em: 18 fev. 2017.

BOELSMA, E. et al. Measures of postprandial wellness after single intake of two protein-carbohydrate meals. **Appetite**, Amsterdam, v. 54, p. 456-464, 2010.

BOMDESPACHO, L. Q. et al. Sensory acceptability and shelf life of sugar cane juice extracted from different cultivars. In: INNOVATION IN FOOD PACKAGING, SHELF LIFE AND FOOD SAFETY CONFERENCE, 2., 2017, Munich, Germany. **Abstracts...** Munich: Elsevier/Fraunhofer, 2017. res. P003.

BRAGA JUNIOR, R. L. C et al. **Censo varietal IAC de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil-Safra 2016/17**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2017. 40 p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 2017).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Informações aos usuários de proteção de cultivares**: “carta de serviços ao cidadão. Brasília, DF: SNPC/MAPA, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/protecao-de-cultivar/protecao-de-cultivar>>. Acesso em: 24 set. 2017.

BRAVO, K.; OSORIO, E. Characterization of polyphenol oxidase from Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruit. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 197, p. 185-190, 2016.

BUCHELI, C.; ROBINSON, S. P. Contribution of enzymic browning to color in sugarcane juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 257-261, 1994.

BURGAIN, J. et al. Lactic acid bacteria in dairy food: surface characterization and interactions with food matrix components. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 213, p. 21-35, 2014.

CALDAS, C.; SILVA, J.F.J.; CARVALHO, D.T.F. A dextrana na produção de açúcar de mesa. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.1, p.24, Set./Out.,1998.

CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M.; GOMES, R. J. C. Efeito de ondas ultra-sônicas sobre a população de *Leuconostoc mesenteroides* em caldo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p.139-146, 2004.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M. L. Metodologia para determinação de peroxidase e polifenoloxidase em plantas. **Comunicado Técnico 87**, Pelotas, p. 1-3, Abril. 2003.

CAMPOS, C. F. et al. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavor quality of green coconut water. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v. 20, p. 487-500, 1996.

CARLINI-GARCIA, L. A.; XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A. O novo perfil varietal da cana-de-açúcar. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v. 11, n. 2, Jul./Dez. 2014. Disponível em: <www.aptaregional.sp.gov.br>. Acesso em: 12 set 2017.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A. et al. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 4, n. 1, p. 62-89, 2011.

COMMISSION INTERNATIONALE D'ECLAIRAGE - CIE. **International Commission on Illumination Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms**. Supplement nº 2 to CIE Publication nº 14 (E-1.3.1) 1971. Paris, France: Bureau Central de la CIE,1978.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 2 - Safra 2015/16, n. 3, terceiro levantamento, Brasília, p.1-65, dez. 2015. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 09 set. 2017.

CONSENSUS Development Program. Disponível em: <https://consensus.nih.gov/>. Acesso em: 04 out. 2017.

CENTRO DE TECNOLOGIA DA CANA - CTC. Melhoramento genético. Disponível em: <http://new.ctc.com.br/variedades-precoces/>. Acesso em: 17 jul. 2017.

DARROS-BARBOSA, R.; VICENTE, A. A. Novas tecnologias para preservação de bebidas não alcoólicas. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. São Paulo: Blucher, 2011. v. 3, cap. 22, p. 458-474.

DEL RIO, D. et al. Dietary (poly)phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. **Antioxidants & Redox Signaling**, New Rochelle, v. 18, n. 14, p. 1818-1892, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. 882 p.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Phenolic composition and antioxidant activity of culms and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) products. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 125, n. 2, p. 660-664, 2011.

EASYRGB. Color calculator. Available at: <<http://easyrgb.com/index.php?X=CALC>>. Accessed in: 08 nov. 2016.

EASYRGB. **Color conversion mayh and formuls**. Disponível em: <www.easyrgb.com>. Acesso em: 10 jun. 2017.

ELDESOUKY, A.; PULIDO, A. F.; MESIAS, F. J. The role of packaging and presentation format in consumers preferences for food: An application of projective techniques. **Journal of Sensory Studies**, Hoboken, v. 30, p. 360-369, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Variedades de cana**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html>. Acesso em: 03 set. 2017.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

FAVA, A. R. Atletas ingerem garapa para repor energia. **Jornal da Unicamp**, Campinas, v. 18, n. 250, p. 8, 2004.

FENG, S. et al. Phytochemical contents and antioxidant capacities of different parts of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 151, p. 452-458, 2014.

FERNANDES JÚNIOR, A. R. et al. Adaptabilidade e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 208-216, 2013.

FERREIRA, K. S. M. et al. Influência de cor e do sabor na preferência de caldo de cana. **Nutrire**, São Paulo, v. 32, res. PS-25-041, p.118, 2007. Suplemento. Apresentado no CONGRESSO NACIONAL DA SBAN, 9., 2007, São Paulo.

FIGUEIREDO, P. Breve história da cana-de-açúcar e do papel do instituto agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2010. cap. 1, p. 31-44.

GALLO, C. R. **Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica**. 2012. 388 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

GÁMBARO, A. et al. Word association technique applied to cosmetic products a case study. **Journal of Sensory Studies**, Hoboken, v. 29, p. 103-109, 2014.

GANDRA, E. A. et al. Condições microbiológicas de caldos de cana comercializados em Umuarama(PR). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 61-69, 2007.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GEREMIAS-ANDRADE, I. M. **Estimativa da vida de prateleira de caldo de cana padronizado estocado sob refrigeração**. 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

GOSZCZ, K. et al. Antioxidants in cardiovascular therapy: panacea or false hope? **Frontiers Cardiovascular Medicine**, Lausanne, v. 2, art. 29, 2015.

GREENACRE, M.; FARGAS, R. T. Correspondence analysis of raw data. **Ecology**, Hoboken, v. 91, p. 958-963, 2010.

HASSUANI, S.; CELENTE, V. **Contexto da palha de cana no Brasil: atuação do projeto sucre**. Disponível em: <<http://pages.cnpem.br/sucre/2016/04/11/contexto-palha-cana-brasil-atuacao-projeto-sucre/>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

HARRISON, M. D. Sugarcane-derived animal feed. In: O'HARA, I. M.; MUNDREE, S. G. (Ed.). **Sugarcane-based biofuels and bioproducts**. Hoboken: John Wiley, 2016. chap. 11, p. 281-312.

JAEGER, S. R. et al. Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: Investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, Kidlington, v. 42, p. 154-164, 2015.

JAGANNADHA RAO, P. V. K.; DAS, M.; DAS, S. K. Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane, palmyra-palm and date-palm juices at different concentration of sugar. **Journal of Food Engineering**, London, v. 90, n. 4, p. 559-566, 2009.

KARTHIKEYAN, J.; SIMIPILLAI, S. S. Sugarcane in therapeutics. **Journal of Herbal Medicine Toxicology**, New Delhi, v. 4, p. 9-14, 2010.

KHARE, A. et al. Shelf life enhancement of sugarcane juice. **Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition**, Osijek, v. 7, n. 3-4, p. 179-183, 2012.

KING, S. C. et al. Measuring the wellness in "health and wellness". In: EUROPEAN CONFERENCE ON SENSORY AND CONSUMER RESEARCH, 5., 2012, Bern, Switzerland. **Proceedings...** Bern, Switzerland, 2012. 1 CD-ROM.

KIST, B. B. et al. **The 2016 Brazilian sugarcane yearbook**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 64 p. (Special: research, in an exclusive electronic format edition). Disponível em: <www.editoragazeta.com.br> Acesso em: 12 out. 2017.

KONG, F. et al. Preparation of antioxidant and evaluation of the antioxidant activities of antioxidants extracted from sugarcane products. **Journal of Food and Nutrition Research**, Bratislava, v. 3, n. 7, p. 458-463, 2015.

KRISHNAKUMAR, T.; THAMILSELVI, C.; DEVADAS, C.T. Effect of delayed extraction and storage on quality of sugarcane juice. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 8, n. 10, p. 930-935, 2013.

KUNITAKE, M. T. **Processamento e estabilidade de caldo de cana acidificado**. 2012. 129 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

KUNITAKE, M. T. et al. Physicochemical, microbiological and sensory qualities of acidified sugarcane juice. **Journal of Nutritional Ecology and Food Research**, Valencia, v. 1, p. 37-44, 2013.

KUNITAKE, M. et al. Effect of pasteurization temperature on stability of an acidified sugarcane juice beverage. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 6, p. 554-561, nov./dez. 2014.

KUSHIDA, M. M. **Validação de métodos laboratoriais**: avaliação do sistema Bax de análise de Salmonella sp em alimentos por reação de polimerase em cadeia (PCR). 2005, 194 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. cap. 5, p.100-156.

LANDELL, M. G. A. et al. Atualidade em cultivares de cana-de-açúcar. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. cap. 5, p. 59-72.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. cap. 32, p. 697-722.

LI, R. H. et al. Effects of esterification on the structural, physicochemical, and flocculation properties of dextran. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 174, p. 1129-1137, 2017.

LUO, L. et al. Refining sugarcane juice by an integrated membrane process: Filtration behavior of polymeric membrane at high temperature. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 509, p.105-115, 2016.

MACEDO et al., 2012. Manejo de pragas e neumatóides. In: SANTOS, F. A.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: bioenergia, açúcar e etanol – tecnologias e perspectivas. 2. ed. rev. ampl. Viçosa/MG: UFV, 2012. p. 119-159.

MAKINO, J. M. et al. Infestação da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e impacto na qualidade da matéria-prima. **Alcoolbrás**, São Paulo, n. 141, 2013. Disponível em: <www.revistaalcoholbras.com.br/>. Acesso em: 12 jul. 2017.

MAO, L. C.; XU, Y. Q.; QUE, F. Maintaining the quality of sugarcane juice with blanching and ascorbic acid. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 104, p. 740-745, 2007.

MARGARIDO, F. B.; SANTOS, F. P. G. Planejamento da lavoura. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. **Cana-de-açúcar: plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2013. cap. 1, p. 19-26.

MARINHO, J. F. U. **Desenvolvimento e avaliação de sorbets probióticos e simbióticos elaborados com polpa de juçara (*Euterpe edulis*)**. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

MARQUES, M. O. et al. Considerações sobre a matéria prima. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. cap. 1, p. 10-16.

MARTINS, T.; SILVA, F. C. A formação de dextrana na cana de- açúcar e seus impactos na agroindústria sucroenergética. **Alcoolbrás**, São Paulo, n. 137, 2012. Disponível em: <<http://www.revistaalcoholbras.com.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

MATHEW, B. et al. Effect of thermo chemical processing on storability of sugarcane juice. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, New Delhi, v. 1, n. 3, p. 526-530, 2016.

MCGUIRE, R. Reporting of objective color measurements. **Hortscience**, Alexandria, v. 27, n.12, p.1254-1255,1992. In: MARINHO, J. F. U. **Desenvolvimento e avaliação de sorbets probióticos e simbióticos elaborados com polpa de juçara (*Euterpe edulis*)**. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. 600 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 1999. 387 p.

MELO, W.J. et al. **Carboidratos**. Jaboticabal: Funep, 1998. 213p.

MEYNERS, M.; CASTUNA, J. C. Check all that apply questions. In: VARELA, P.; ARES, G. **Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling**. Boca Raton: CRC Press, 2014. p. 1-389.

MOGENSEN, G. et al. Food microorganisms-health benefits, safety evaluation and strains with documented history of use in foods. **Bulletin of the International dairy Federation**, Brussels, n. 377, p. 4-9, 2003.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO- NEPA. Universidade Estadual de Campinas. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas /UNICAMP, 2011. 161 p.

NOGUEIRA, F. S. et al. Minerais em melados e em caldo de cana. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 727-731, 2009.

NORMAND, A. C. R. **Efeitos do treinamento de endurance na presença ou ausência de suplementação com caldo de cana como bebida pós treino em biomarcadores de estresse oxidativo e performance de ratos**. 2013 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo: Manole, 2006.

OLIVEIRA, A. C. G. **Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de caldo de cana puro e adicionado de suco de frutas armazenado sob refrigeração**. 2007. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

OLIVEIRA, A. C. G. et al. Percepção dos consumidores sobre o comércio de alimentos de rua e avaliação do teste de mercado do caldo de cana processado e embalado em seis municípios do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 4, p. 397-403, 2007a.

OLIVEIRA, A. C. G. et al. Effects of heat treatment and gamma radiation on the characteristics of pure sugarcane juice and mixed with fruit juice. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 863-873, 2007b.

OLIVEIRA, D. T.; ESQUIAVETO, M. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. F. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, supl., p. 99-102, ago. 2007.

OLIVEIRA, A. S. et al. Fatores que interferem na produção de dextrana por microrganismos contaminantes da cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológica**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 99-104, dez. 2002.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PARK, G. S. et al. The complete genome sequence of a lactic acid bacterium *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *dextranicum* strain DSM 20484. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 219, p. 3-4, 2016.

PINTO, A. S.; LOPES, V. L.; LIMA, A. A. Manejo de pragas da cana-de-açúcar. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2013. cap. 4. p. 75-87.

PRADO, S. P. T.; BERGAMINI, A. M. M. Avaliação do perfil microbiológico e microscópico do caldo de cana *in natura* comercializado por ambulantes. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, n. 69, p. 55-61, 2010.

RAE, A. L.; MARTINELLI, A. P.; DORNELAS, M. C. Anatomy and morphology. In: MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (Ed.). **Sugarcane**: physiology, biochemistry, and functional biology. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2014. chap. 2, p. 19-34, 2014.

RAMACHANDRAN, C. et al. Optimization of shelf stability of sugarcane juice with natural preservatives. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v. 41, p.1-11, 2017.

REZZADORI, K. **Pasteurização térmica e com membranas de caldo de cana adicionado de suco de maracujá**. 2010. 161 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2010.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO - RIDESA. **Catálogo nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2010. 136 p.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. Colheita da cana de açúcar. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2013. cap. 8, p. 181-222.

ROCHA, G. F. **Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química e sensorial do caldo de cana cultivada sob manejo orgânico e convencional**. 2012. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

ROININEN, K.; ARVOLA, A.; LÄHTEENMÄKI, L. Exploring consumers perceptions different qualitative of local food with two techniques: laddering and word association. **Food Quality and Preference**, Kidlington, v. 17, p. 20-30, 2006.

ROSA, R. F. Manejo de cultivares de cana de açúcar com a utilização de maturadores. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. cap. 4, p. 43-58.

SAMREEN, C. H. V. V. et al. Microbial and sensory quality evaluation of membrane processed sugarcane juice. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Kancheepuram, v. 6, n. 3, p. 601-608, 2017.

SANKHLA, S. et al. Preservation of sugarcane juice using hurdle technology. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 14, n. 1, p. 26-39, 2012.

SANTOS, F. et al. Qualidade da cana-de-açúcar para processamento industrial. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 245-257.

SCARPARI, M. S. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. cap. 2, p. 46-56.

SESSO, F. Variedades de cana CTC e seu manejo. In: SEMINÁRIO DA CANA-DE-AÇÚCAR STAB CENTRO, 14., 2014, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES, 2014.

Disponível em:

<http://www.stab.org.br/xiv_sem_cana_centro_2014/fernando_web.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SIDDIQUI, N. N. et al. Structural analysis and characterization of dextran produced by wild and mutant strains of *Leuconostoc mesenteroides*. **Carbohydrate Polymers**, Kidlington, v. 99, p. 331-338, 2014.

SILVA, C. O. **Análise de desempenho microbiológico de uma linha de processamento piloto de caldo de cana**. 2015. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

SILVA, K. S. **Avaliação de processo de industrialização de caldo de açúcar (*Sacharum ssp*) por enchimento a quente e sistema asséptico**. 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVA, K. S.; FARIA, J. A. F. Avaliação da qualidade de caldo de cana envasado a quente e por sistema asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 754-758, out./dez. 2006.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. 624 p.

SILVA, V. P. et al. Desenvolvimento de sorvetes à base de caldo de cana e avaliação sensorial com crianças. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 813-824, mar./abr. 2014.

SILVA, C.O. et al. Sugar juice processing: microbiological monitoring. **Journal of food processing e technology**, v. 7, n. 8, p.1-5, 2016.

SINDIRAÇÕES. **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. 4. ed. São Paulo: Sindirações, 2013.

SINGH, A. et al. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects. **Pharmacognosy Reviews**, Mumbai, v. 9, n. 17, p. 45-54, 2015.

SINGH, S.; OMRE, P. K.; GAIKWAD, K. Sensory evaluation of optimized and stabilized sugarcane juice. **International Journal of Engineering Research and General Science**, v. 2, n. 6, p. 637-648. Oct.Nov. 2014.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JUNIOR, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.

SOUZA, R. B. et al. Mineral composition of the sugarcane juice and its influence on the ethanol fermentation. **Applied Biochemistry Biotechnology**, Totowa, v. 175, p. 209-222, 2015.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 2. ed. London: Academic Press, 1993a. 338 p.

STONE, H.; SIDEL, J. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 11, p. 24-34, 1993b.

SUZART, C.A.G. **Desenvolvimento de tecnologia para estabilização física, sensorial e microbiológica de caldo de cana**. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. (UNICAMP), Campinas, 2009.138p.

SYMONEAUX, R.; GALMARINI, M. V.; MEHINAGIC, E. Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping - a case study on apples. **Food Quality and Preference**, Kidlington, v. 24, n. 1, p. 59-66, 2012.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TBCA. Universidade de São Paulo - USP. **Food Research Center - FoRC**. Versão 6.0. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca/>>. Acesso em: 01 set. 2017.

TASSO JÚNIOR, L. C. et al. Avaliação tecnológica em caldo de seis cultivares de cana-de-açúcar com ciclo de maturação no meio de safra, ano agrícola 2009/2010. In: WORKSHOP AGROENERGIA, 6., 2012, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto, 2012. Disponível em: http://www.infobibos.com/Agroenergia/CD_2012/resumos/ResumoAgroenergia_2012_011.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

TEREFE, N. S. et al. polyphenol oxidase: characterization and the kinetics of thermal and high pressure activation and inactivation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 188, p. 193-200, 2015.

UMEBARA, T. **Microfiltração de caldo de cana**: caracterização do caldo permeado e retentado. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO - UNICA. **Unicadata**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Agricultural research service**: nutrient database for santand reference. Disponível em: <https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads//RDA_AI_vitamins_element_s.pdf>. Acesso em: 24 set. 2017.

VA'MOS-VIGYA'ZO, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 15, p. 49-127, 1981.

VILELA, J. M. C. L.; D'AVILA, F. M.; MENATO, M. D. D. Inovação na purificação do caldo. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. cap. 19, p. 263-272.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C.; ALTRAN, W.S.A. Nutrição. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**: plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2013. p. 49-74.

WALTER, A. et al. Brazilian sugarcane ethanol: developments so far and challenges for the future. In: LUND, P. D. et al. **Advances in bioenergy**: The sustainability challenge. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd, 2014. p. 70-92.

XIAO, Z. P. et al. Flavonoids health benefits and their molecular mechanism. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, Hilversum, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2011.

YUSOF, S.; SHIAN, L. S.; OSMAN, A. Changes in quality of sugar-cane juice upon delayed extraction and storage. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 68, p. 395-401, 2000.

ZHANG, X.; SHAO, X. Characterization of polyphenol oxidase and peroxidase and the role in browning of loquat fruit. **Czech Journal Food Sciences**, Prague, v. 33, n. 2, p. 109-117, 2015.

ZHANG, H. et al. Cloning: sequencing and expression of a dextransucrase gene (dexYG) from *Leuconostoc mesenteroides*. **Biotechnology Letters**, Kew, v. 30, p. 1441-1446, 2008.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Ficha de escala hedônica e atitude de compra

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CALDO DE CANA		
Nome: _____ Data _____		
Por favor, avalie a amostra de caldo de cana e indique, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou em relação aos atributos indicados.		
<div>9. Gostei muitíssimo</div> <div>8. Gostei muito</div> <div>7. Gostei moderadamente</div> <div>6. Gostei ligeiramente</div> <div>5. Nem gostei/nem desgostei</div> <div>4. Desgostei ligeiramente</div> <div>3. Desgostei moderadamente</div> <div>2. Desgostei muito</div> <div>1. Desgostei muitíssimo</div>		
AMOSTRA	Aparência	Sabor
_____	_____	_____
Se você encontrasse este produto no mercado:		
<div>() Certamente compraria</div> <div>() Provavelmente compraria</div> <div>() Talvez compraria/talvez não compraria</div> <div>() Provavelmente não compraria</div> <div>() Certamente não compraria</div>		
Comentários: _____		

APÊNDICE B - Questionário de Recrutamento da equipe para ADQ

QUESTIONÁRIO DE RECRUTAMENTO DE CONSUMIDORES

O Laboratório de Tecnologia e Sistema de Embalagens situado ao Departamento de Ciências da Engenharia de Alimentos do Campus Pirassununga estará recrutando voluntários para caracterizar sensorialmente caldo de cana. Estas análises têm o objetivo de treinar os voluntários para compor uma equipe capaz de identificar as similaridades e as diferenças de caldo de cana de diferentes cultivares. Para isso, serão necessários encontros da equipe com a responsável (doutoranda), de uma a duas vezes por semana, com duração de 10 a 30 minutos. As datas e horários serão ajustados de acordo a disponibilidade dos interessados.

Você está recebendo um questionário para o recrutamento de voluntários destinados a participar dessa equipe de análise sensorial de caldo de cana. Por favor, preencha-o com os dados solicitados. Todas as informações serão mantidas confidenciais.

Nome: _____ E-mail: _____ Sexo: F () M () Idade: _____ anos. Estado civil: _____

() Aluno de graduação () Alunos de pós-graduação () Professor () Funcionário

Se aluno. Qual Curso: _____ Semestre: _____ Departamento: _____

Endereço: _____ Fone Fixo: () _____ Celular com Whatsapp: _____

1) Você tem interesse em ser um voluntário da equipe de análise sensorial de caldo de cana?

() sim () não

2) Qual o horário disponível para participação nos testes?

Segunda-feira: () manhã () tarde Horário: _____; Terça-feira: () manhã () tarde Horário: _____

Quarta-feira: () manhã () tarde Horário: _____; Quinta-feira: () manhã () tarde Horário: _____

Sexta-feira: () manhã () tarde Horário: _____; Sábado: () manhã () tarde Horário: _____

3) Cite alimentos e ingredientes que você desgosta muito.

4) Cite três alimentos que sejam ácidos.

5) Cite três alimentos que sejam suculentos.

6) Cite alimentos que grudem nos dentes ao serem mastigados.

7) Você é fumante? () Sim () Não

8) Por favor indique se você tem algum tipo de problema (alergia, desconforto) de algum dos seguintes alimentos e, alimentos e, onde pertinente, especifique quais.

() Queijo () Carnes () Chocolate () Frutas

() Ovos () Vegetais () Condimentos () Leite

() Pescado () Outros

9) Por favor indique se você está fazendo alguma dieta especial:

() Dieta para Diabetes () Dieta de baixa caloria

() Dieta de alta caloria () Dieta com baixo teor de sal

() Outros

10) Você está tomando algum tipo de medicamento?

() Não () Sim Qual? _____

11) Você costuma consumir alimentos a base de Cana-de-Açúcar?

() Sim, quais? () Não

() rapadura () açúcar () caldo de cana

() outro. Qual? _____

12) Com que frequência você costuma consumir caldo de cana?

() Todos os dias () Uma vez por semana () Uma vez por mês () Menos de uma vez por mês

13) Descreva algumas características de sabor que você percebe em caldo de cana.

14) Quais os fatores que determinam sua escolha na hora de comprar caldo de cana? Enumere as opções em ordem de importância, sendo o fator mais importante.

() Preço

() Marca

() Estabelecimento onde é obtido

() Sabor

() Disponibilidade de compra

() Valor calórico

() Outro. Qual? _____

APÊNDICE C-Termo de consentimento livre e esclarecido

Termo de Consentimento livre e esclarecido

Consentimento formal de participação no projeto de pesquisa: **“PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE CALDO DE CANA EXTRAÍDO DE DIFERENTES CULTIVARES”**.

Endereço: _____

Cidade: _____ CEP: _____ Fone: _____

Justificativa: O caldo de cana é uma bebida largamente consumida no País, supostamente, em virtude de seu gosto doce intenso, agradável ao paladar do Brasileiro. Estudo do perfil sensorial de caldo de cana com um painel de avaliadores treinado ainda não foi realizado. Por este motivo, pretende-se caracterizar sensorialmente caldo de cana extraído de diferentes cultivares.

Objetivos do projeto: Nesta pesquisa será investigado o perfil sensorial da bebida obtida a partir da extração de oito cultivares de cana-de-açúcar, utilizando-se para este fim a metodologia de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e em complementação serão realizados Testes Afetivos que inclui do Consumidor do caldo de cana e Teste Check All –That- Apply.

Possíveis benefícios: Há relatos de benefícios pelo consumo de caldo de cana na reposição dos estoques de glicogênio muscular em jogadores de futebol após treinos. No entanto, o desenvolvimento deste projeto possibilitará a elaboração de uma bebida segura e com maior período de manutenção de qualidade devido ao processo de pasteurização.

Procedimento: Os procedimentos para execução da análise sensorial nesta pesquisa serão os seguintes:

- Cem consumidores recrutados entre funcionários e estudantes da FZEA realizarão a avaliação sensorial afetiva (testes de consumidor) do caldo de cana.
- Amostras de caldo de cana pasteurizado e envasado assepticamente em garrafas de PET e armazenado a 1 °C serão fornecidas em 4 (quatro) etapas distintas, correspondentes a cada lote de processamento.
- Os consumidores receberão amostras de caldo de cana que avaliarão as características do caldo de cana em uma ficha de avaliação.
- Os consumidores avaliarão as amostras individualmente em diferentes sessões.
- A duração das sessões pode variar de 10 minutos.

Outras informações:

- O consumidor pode se recusar a continuar com avaliação sensorial a qualquer momento, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

- Os consumidores não terão qualquer tipo de **despesas em decorrência da participação nesta pesquisa**.

- **Não há possibilidade de risco ou qualquer tipo de desconto** em função da participação nesta pesquisa, uma vez que as análises sensoriais somente serão conduzidas após a obtenção dos resultados de análises microbiológicas que confirmem a inocuidade do caldo de cana avaliado.

- Em função do exposto no item interior, não há **previsão de indenização em decorrência da participação neste projeto**.

- Os testes para avaliação sensorial do caldo de cana, nos quais os consumidores experimentarão os produtos desenvolvidos **serão acompanhados** pela aluna proponente (Laura de Queiroz Bomdespacho).

- Quaisquer outros esclarecimentos poderão ser solicitados antes, durante e após a pesquisa.

Eu _____, RG _____ CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo

“Processamento e caracterização sensorial de caldo de cana extraído de diferentes cultivares”, proposto pela Doutoranda Laura de Queiroz Bomdespacho. Tenho pleno conhecimento da justificativa, objetivos, benefícios esperados e dos procedimentos a serem executados, bem como da possibilidade de receber esclarecimentos sempre que considerar necessário. Será mantido sigilo quanto à identificação de minha pessoa e zelo a minha privacidade. Ao mesmo tempo assumo o compromisso de seguir as recomendações estabelecidas pelos pesquisadores.

Eu li e entendi todas as informações contidas neste documento.

Pirassununga, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Consumidor: _____.

Assinatura do Pesquisador: _____.

Judite Lapa Guimarães

julagui@usp.br

Laura de Queiroz Bomdespacho

labomdespacho@usp.br

APÊNDICE D - Ficha do teste dois em cinco

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CALDO DE CANA

Nome: _____ Data _____

Por favor avalie as amostras codificadas de caldo de cana, da esquerda para direita. Duas amostras são de um tipo e as outras três de outro tipo. Identifique as duas amostras que são iguais entre si e diferentes das outras três.

919

233

581

434

218

Comentários: _____

APÊNDICE E- Ficha do teste de ordenação

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CALDO DE CANA

Nome: _____ Data _____

Por favor avalie a doçura das amostras de caldo de cana da esquerda para direita e ordene-as em ordem crescente de doçura.

Menos Doce

Mais Doce

Comentários: _____

APÊNDICE F – Padronização do teor de sólidos solúveis

Adição de água

Para padronização do teor de sólidos solúveis, quando necessário a adição de água ($X_{sc} > X_{sp}$), a massa de água adicionada ao caldo puro foi calculada utilizando-se as equações 8 e 9, as quais representam o balanço de sacarose e o balanço de massa global, respectivamente:

$$X_{sc} \cdot C = X_{scc} \cdot P \quad (\text{Eq.8})$$

$$C+W=P \quad (\text{Eq.9})$$

Adição de sacarose

Para adição de sacarose ($x_{sc} < x_{sp}$), a massa deste componente adicionada foi calculada pelos balanços de água e global de acordo com as equações 10 e 11.

$$(1-X_{sc}) \cdot C = (1-X_{scc}) \cdot P \quad (\text{Eq.10})$$

$$C+S=P \quad (\text{Eq.11})$$

Em que:

Massa de sacarose adicionada (S)

C = massa de caldo inicial (g).

P = massa de caldo padronizado (g).

W = massa de água adicionada (g).

S = massa de sacarose adicionada (g).

X_{sc} = fração mássica de sacarose no caldo inicial.

X_{sp} = fração mássica de sacarose no caldo padronizado.

X_{scc} = fração mássica de sacarose no caldo conhecida (g)

Resultados dos cálculos do balanço de massa

Formulação	Mcp	Ms	SST
1	888,63	111,37	25
2	924,17	75,83	22
3	953,79	46,21	19,5
4	983,41	16,59	17,0
5	897,44	102,56	14

Mcp = massa de caldo conhecida (g); Ms = massa de sacarose (g); SST = teor de sólidos solúveis totais (°Brix).

APÊNDICE G - Ficha do método de rede

Nome: _____ Data: _____

Por favor, observe, aspire e prove as duas amostras e indique em que elas são similares e em que são diferentes em relação a aparência, aroma, sabor, cor e odor.

Amostras: _____ e _____

Aparência

Aroma

Sabor

Cor

Odor

Comentários: _____

APÊNDICE H – Ficha elaborada com os termos descritores do caldo de cana integral, utilizada na seleção de avaliadores e na ADQ

Nome: _____ Data: ____/____/____

Por favor, prove a mostra codificada de caldo de cana e avalie-a em relação aos atributos relacionados.

AROMA

Aroma de rapadura
Fraco Forte

Aroma natural de
caldo de cana
Fraco Forte

Aroma doce
Fraco Forte

Aroma de caldo
fermentado
Nenhum Forte

APARÊNCIA

Viscosidade aparente
Pouca Muita

Turbidez
Pouca Muita

Uniformidade do caldo
Nenhum Muito

Cor esverdeada
típica de caldo
Fraca Forte

Cor marrom do caldo
Fraca Forte

SABOR

Sabor de rapadura
Fraco Forte

Sabor de cana
Fraco Forte

Adstringência
Nenhum Forte

Gosto doce
Fraco Forte

TEXTURA

Corpo
Fraco Forte

APÊNDICE I - Questionário de informações pessoais e da frequência e consumo de derivados de cana

Nome: _____ Data: ____/____/____

E-mail: _____ Telefone: _____

Idade: _____ Sexo: F() M()

Por favor, preencher as questões abaixo.

Fumante: () Sim () Não

Escolaridade:

Marque com X os derivados de cana que você consome:

() Fundamental

() Açúcar

() Médio

() Melaço

() Superior

() Caldo de cana

() Mestrado

() Cachaça

() Doutorado

() Rapadura

() Pós-Doutorado

O quanto você gosta de caldo de cana?

Qual sua frequência de consumo?

() Muito

() Diariamente

() Moderadamente

() 3 vezes por semana

() Indiferente

() 1 vez por semana

() Muito pouco

() 2 vezes por mês

() Não gosto

() Raramente

() Não consumo

Conhece alguma versão de caldo de cana pronto para beber?

Não () Sim () Qual ? _____

APÊNDICE J - Ficha do teste de escala hedônica e CATA

Nome: _____ Data: ____/____/____

Email: _____ Amostra _____

Você está recebendo uma amostra de Caldo de cana. Por favor, prova a amostra e avalie o quanto você gostou utilizando a escala abaixo.

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Gostei muitíssimo	Gostei muito	Gostei moderadamente	Gostei ligeiramente	Nem gostei/nem desgostei	Desgostei ligeiramente	Desgostei moderadamente	Desgostei muito	Desgostei muitíssimo

Marque todas as palavras que você considera adequadas para descrever esse caldo de cana iniciando pela coluna da esquerda:

Aroma de rapadura ()	Caldo encorpado/denso ()
Aroma de caldo de cana forte ()	Caldo muito turvo ()
Aroma doce ()	Presença de grânulos pretos ()
Odor de fermentado (azedo)()	Caldo homogêneo ()
Sabor de rapadura forte ()	Caldo decantado ()
Sabor de cana fraco ()	Cor clara ()
Sabor fermentado (Azedo)()	Cor esverdeada ()
Adstringência (sensação de amarração) ()	Cor amarronzada ()
Gosto amargo residual ()	Sem sabor/ insípido ()
Gosto muito doce ()	Outros:

APÊNDICE K – Questionário sobre consumo de bebidas não-alcoólicas

Nome: _____
Idade: () 16 a 20 () 20 a 25 () 25 a 30 () 30 a 35 () acima de 35 anos
Gênero: () F () M
Escolaridade: () Fundamental () Ensino Médio () Superior () Mestrado () Doutorado () Pós-Doc

Qual tipo de bebida não- alcoólica costuma consumir e com que frequência:

1-todos os dias ou quase todos os dias,

2-pelo menos uma vez por mês,

3-pelo menos uma vez por semana,

4-poucas vezes por ano,

5-poucas vezes na minha vida.

- () Refrigerantes. _____
() Sucos industrializados. _____
() Sucos frescos. _____
() Água de coco industrializada. _____
() Água de coco fresca _____
() Caldo de cana. _____

Já consumiu caldo de cana industrializado? () sim () não

APÊNDICE L - Ficha do teste de associação de palavras

Nome: _____

1- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Suco de Laranja.

Nome: _____

2- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Caldo de cana.

Nome: _____

3- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Refrigerante tipo Cola.

Nome: _____

4- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Refrigerante de Guaraná.

Nome: _____

5- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de *Água de Coco*.

Nome: _____

6- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Suco de UVA.

Nome: _____

7- Escreva 4 pensamentos /associações/ lembranças/ sentimentos que vem espontaneamente à sua mente quando vê uma imagem de Chá Mate.

ANEXO

ANEXO A- Parecer do Comitê de Ética

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DE CALDO DE CANA EXTRAÍDO DE DIFERENTES CULTIVARES

Pesquisador: Judite das Graças Lapa Guimarães

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 50143215.5.0000.5422

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.327.106

Apresentação do Projeto:

O projeto foi apresentado de forma clara.

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos estão bem definidos

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos evidentes e se bem sucedida a pesquisa trará muitos benefícios. A análise feita é bem realista.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está bem definida e tem aderência com o perfil desta unidade.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos estão bem elaborados.

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

Recomendo a aprovação do projeto. Não há pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEPH FZEA Aprova a execução da pesquisa.

Endereço: Avenida Duque de Caxias Norte, 225
Bairro: Campus Universitário da USP **CEP:** 13.635-900
UF: SP **Município:** PIRASSUNUNGA
Telefone: (19)3565-4299 **Fax:** (19)3565-4114 **E-mail:** apoiofzea@usp.br