



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO PERFIL SENSORIAL DO AÇÚCAR
MASCADO**

YARA KAROLINA MOURA DE SOUZA

**Araras
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO PERFIL SENSORIAL DO AÇÚCAR
MASCADO**

YARA KAROLINA MOURA DE SOUZA

**ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI
COORDENADOR: PROF. DR. GILBERTO RODRIGUES LISKA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de **MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Yara Karolina Moura de

Efeito do armazenamento no perfil sensorial do açúcar mascavo / Yara Karolina Moura de Souza -- 2023.
89f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Marta Regina Verruma-Bernardi

Banca Examinadora: Ana Paula Guarnieri Bassi, André Eduardo de Souza Belluco

Bibliografia

1. Análise descritiva quantitativa. 2. Atributos. 3. Teste afetivo. I. Souza, Yara Karolina Moura de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Yara Karolina Moura de Souza, realizada em 26/05/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Marta Regina Verruma Bernardi (UFSCar)

Profa. Dra. Ana Paula Guarnieri Bassi (Uniararas)

Prof. Dr. André Eduardo de Souza Belluco (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que boas oportunidades e pessoas entrassem na minha vida, pela força e resiliência adquiridas ao longo do caminho e por não ter permitido que eu desistisse dos desafios.

Aos meus pais, Mara de Souza e Elias de Souza (*in memoriam*), agradeço todo apoio, incentivo e sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui. Sem a presença de vocês, nada disso seria possível.

Ao meu irmão, Paulo H. M. de Souza, que em alguns momentos durante a minha jornada acadêmica abriu mão de algumas coisas para eu pudesse estar aqui.

Aos meus amigos Marcos Paulo Ferreira e Joyce Ribeiro, por estarem presentes e por proporcionarem momentos leves e descontraídos. Agradeço pelo apoio emocional e por me ajudarem a manter o equilíbrio durante o curso.

Aos meus colegas de turma, agradeço pela empatia, compreensão e momentos proporcionados no período do curso.

A todos os avaliadores sensoriais que participaram do projeto, sem eles o trabalho não seria realizado de forma completa. Agradeço pelo tempo dedicado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar e em especial à Cris, secretária do programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

À Maria Helena Sachi do Amaral da Biblioteca *Campus Araras* – UFSCar.

A todos os envolvidos no trabalho, Marta Regina Verruma-Bernardi; Gilberto Rodrigues Liska (PPGADR/UFSCar); Sandra Regina Ceccato-Antonini (LAMAN/UFSCar) e Ligianne D. Shirahigue; Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges e Silvia Raquel Bettani (LAST/UFSCar); João Henrique Nascimento da Silva (LAS/UFSCar); Gustavo Verruma Bernardi; Laura Daniele Sanches Leal e Paula Porrelli Moreira da Silva (ESALQ/USP).

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Gilberto R. Liska, agradeço pela paciência, suporte e disponibilidade em compartilhar o seu conhecimento.

Em especial, à minha orientadora, Profa. Dra. Marta Regina Verruma Bernardi, agradeço pelo apoio, empatia, paciência e pelo conhecimento compartilhado contribuindo com meu crescimento profissional. Sem a sua orientação, este trabalho não seria possível.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Cana-de-açúcar	18
3.1.1 Variedade SP 80-3280	19
3.2 Produção do açúcar mascavo	19
3.2.1 Matéria-prima	20
3.2.2 Moagem	21
3.2.3 Caldo	21
3.2.4 Cristalização	22
3.2.5 Peneiragem	23
3.2.6 Empacotamento	23
3.3 Características físicas e químicas do açúcar mascavo	24
3.4 Características sensoriais do açúcar mascavo	30
3.5 Armazenamento de açúcar	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1 Matéria-prima	34
4.2 Análise do teor umidade	36
4.3 Atividade de água	37
4.4 Análise microbiológica	37

4.5	Análise de cor instrumental	37
4.6	Análise sensorial	38
4.6.1	Análise sensorial descritiva - cor e textura	38
4.6.3	Teste de aceitação e intenção de compra.....	40
4.7	Análise estatística	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	Análise do teor de umidade dos açúcares mascavo	43
5.2	Atividade de água	46
5.3	Análise de coliformes totais nos açúcares mascavo	48
5.4	Análise de cor instrumental	50
5.4.1	Luminosidade (L)	50
5.5.2	Parâmetro a^*	53
5.5.3	Parâmetro b^*	55
5.5.4	Croma (C)	57
5.5.5	Parâmetro <i>hue</i>	58
5.6	Análise sensorial descritiva dos açúcares mascavo	60
5.6.1	Parâmetros sensoriais de aparência.....	61
5.6.2	Parâmetros sensoriais de textura.....	67
5.7	Aceitação e intenção de compra	70
5.7.1	Aceitação	70
5.7.2	Intenção de compra	74
6	Análise de componentes principais (ACP)	76
6.1	Análise sensorial	76
7	CONCLUSÕES	79
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Valores de concentrações de cálcio, potássio, fósforo, magnésio e manganês em mg.kg ⁻¹ de diferentes açúcares encontrados na literatura	26
Tabela 2. Valores de concentrações de ferro, sódio, chumbo e cádmio em mg.kg ⁻¹ encontrados na literatura.....	27
Tabela 3. Valores de energia, proteínas, lipídios, carboidratos (g) e fibras (g)	27
Tabela 4. Médias de temperatura (°C) e umidade (%) do local de armazenamento das amostras.....	36
Tabela 5. Resultados das médias seguida do desvio padrão do teor de umidade (%) dos açúcares armazenados por 365 dias	44
Tabela 6. Resultados das médias e desvio padrão da atividade de água dos açúcares armazenados por 365 dias	47
Tabela 7. Resultados das médias de coliformes totais (UFC/g) dos açúcares armazenados por 365 dias.....	50
Tabela 8. Resultados das médias e desvio padrão de Luminosidade (L) dos açúcares armazenados por 365 dias	53
Tabela 9. Resultados das médias seguida do desvio padrão de <i>a*</i> dos açúcares armazenados por 365 dias	55
Tabela 10. Resultados das médias seguida do desvio padrão de atributo <i>b*</i> dos açúcares armazenados por 365 dias	57
Tabela 11. Resultados das médias e desvio padrão de Croma dos açúcares armazenados por 365 dias.....	58
Tabela 12. Resultados das médias seguida do desvio padrão de <i>hue</i> dos açúcares armazenados por 365 dias	59
Tabela 13. Lista de atributos, definição e referência do açúcar mascavo	60
Tabela 14. Resultados das médias e desvio padrão do atributo cor dos açúcares armazenados por 365 dias	62
Tabela 15. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo homogeneidade da cor dos açúcares armazenados por 365 dias	64
Tabela 16. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo aparência homogênea dos açúcares armazenados por 365 dias	65

Tabela 17. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo aparência úmida dos açúcares armazenados por 365 dias	66
Tabela 18. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo textura úmida dos açúcares armazenados por 365 dias.....	68
Tabela 19. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo textura granulosa dos açúcares armazenados por 365 dias.....	70
Tabela 20. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação de cor dos açúcares armazenados por 365 dias.....	71
Tabela 21. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação de textura dos açúcares armazenados por 365 dias.....	73
Tabela 22. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação visual dos açúcares armazenados por 365 dias	74
Tabela 23. Resultados das médias e desvio padrão das notas de intenção de compra dos açúcares armazenados por 365 dias.....	76
Tabela 24. Correlações entre os atributos sensoriais e os dois primeiros componentes principais	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases fenológicas da cana-de-açúcar.....	21
Figura 2. Fluxograma da produção de açúcar mascavo.	24
Figura 3. Diagrama de cromaticidade, L, a^* e b^*	29
Figura 4. Amostras de açúcar mascavo com diferentes teores de umidade. ...	34
Figura 5. Fluxograma da produção de açúcar mascavo com as umidades (%) e granulometria (mm) dos açúcares mascavo	35
Figura 6. Ficha de levantamento de atributos do método Rede.....	39
Figura 7. Ficha de avaliação dos atributos com os extremos definidos.	40
Figura 8. Ficha de avaliação do teste de aceitação e intenção de compra.	41
Figura 9. Gráfico de correlações entre os atributos sensoriais para as amostras de açúcar mascavo	77

EFEITO DO ARMAZENAMENTO NO PERFIL SENSORIAL DO AÇÚCAR MASCAVO

Autor: YARA KAROLINA MOURA DE SOUZA

Orientadora: PROFA. DRA. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI

Coorientador: PROF. DR. GILBERTO RODRIGUES LISKA

RESUMO

A estabilidade e qualidade do açúcar durante o armazenamento estão relacionadas a parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Devido ao seu processo de produção, o teor de umidade do açúcar mascavo normalmente é mais elevado quando comparado aos demais açúcares, podendo alterar a aparência e textura do produto. O estudo teve objetivo avaliar a influência do armazenamento nas características sensoriais do açúcar mascavo com diferentes teores de umidade, buscando responder se a qualidade sensorial do produto será alterada. O açúcar foi produzido com a variedade SP80-3280, com quatro amostras A=1,69, B=1,96, C=2,00 e D=4,13% de umidade. Foram realizadas análises de umidade, atividade de água, coliformes totais, e cor instrumental. Quanto à análise sensorial foi utilizada a descritiva quantitativa para descrever atributos de aparência e textura e aceitação. A análise de cor instrumental mostrou que durante 365 dias para o parâmetro luminosidade não ocorreu mudança significativa para a amostra A, a amostra D foi considerada a mais escura. Os açúcares apresentaram parâmetro a^* e parâmetro b^* positivos. As amostras A, B e C apresentaram aumento nos valores de croma e todas as amostras diminuíram seus valores no parâmetro *hue*. Para as análises estatísticas foram utilizados a análise de variância seguido do teste de Tukey e Análise de Componentes Principais (PCA). A análise de umidade da amostra D (4,13%) foi considerada a mais úmida e com maior atividade de água. Na análise de coliformes totais todas as amostras estavam dentro do padrão. Na análise sensorial os atributos sensoriais levantados foram: cor marrom, homogeneidade da cor, aparência homogênea, aparência úmida, textura úmida e textura granulosa. Na ADQ o açúcar D foi considerado o mais escuro, as amostras B, C e D mais homogêneas quanto a cor e aparência, as amostras B e C foram as menos granulosas e a amostra B e C consideradas com textura mais úmida. O açúcar A foi o menos aceito e intenção de compra o D seguido pelo A. As amostras D e C foram as mais escuras e mais aceitas no atributo cor, as amostras A e B mais claras foram as menos aceitas. Sendo assim, verificou-se que o armazenamento influenciou os parâmetros físico-químicos, atributos sensoriais da análise descritiva e teste de aceitação, mas não o suficiente para comprometer a qualidade e segurança do produto.

PALAVRAS-CHAVE: análise descritiva quantitativa, atributos, teste afetivo.

EFFECT OF STORAGE ON THE SENSORY PROFILE OF RAW CANE SUGAR

Author: YARA KAROLINA MOURA DE SOUZA

Advisor: PROFA. DRA. MARTA REGINA VERRUMA BERNARDI

Co-advisor: PROF. DR. GILBERTO RODRIGUES LISKA

ABSTRACT

The stability and quality of sugar during storage are related to microbiological and physicochemical parameters. Due to its production process, raw sugar typically has higher moisture content when compared with other sugars. It can alter the appearance and texture of the product. This study aimed to evaluate the influence of storage on the sensory characteristics of raw sugar with different moisture levels and particle sizes, seeking to determine whether the sensory quality of the product would be altered. The sugar was produced using the SP80-3280 variety, with four samples: A=1.69, B=1.96, C=2.00, and D=4.13% moisture content. Moisture analysis, water activity, total coliforms, conductometric ashes, and instrumental color analysis were performed. For the sensory analysis, a quantitative descriptive method was used to describe appearance and texture attributes. The instrumental color analysis regarding luminosity showed that there was no significant change for sample A over a period of 365 days. Sample D was considered the darkest. The sugars showed positive a^* and b^* parameters. Samples A, B, and C showed an increase in chroma values; all samples decreased their values in the *hue* parameter. As for statistical analyses, analysis of variance was used followed by Tukey's test and Principal Component Analysis (PCA). The moisture analysis of sample D (4.13%) was considered the most humid and with the highest water activity. In the analysis of total coliforms, all samples were within the standard. In the sensory analysis, the sensory attributes were: brown color, color homogeneity, homogeneous appearance, wet appearance, wet texture and grainy texture. Regarding ADQ, sugar D was considered the darkest, while samples B, C and D more homogeneous in terms of color and appearance, samples B and C were the least grainy and samples B and C were considered to have a more humid texture. Sugar A was the least accepted and purchase intention was greater for Sugar D followed by sugar A. Samples D and C were the darkest and most accepted for the color attribute, while samples A and B were the least accepted. Therefore, it was found that storage influenced the physical-chemical parameters, sensory attributes of the descriptive analysis and acceptance test, but not enough to compromise the quality and safety of the product.

KEYWORDS: Quantitative descriptive analysis, attributes, affective testing.

1 INTRODUÇÃO

A busca dos consumidores por uma vida mais saudável vem apresentando reflexos na escolha por alimentos mais naturais (PARAZZI *et al.*, 2009) com menor adição de conservantes ou outra substância prejudicial à saúde (GENEROSO *et al.*, 2009). Um alimento que pode ser destacado por possuir tais características é o açúcar mascavo (PARAZZI *et al.*, 2009), que não passa por refinamento (VIEIRA; LIMA.; BRAGA, 2007), diferentemente do açúcar refinado. Devido ao seu processo de produção, é capaz de preservar os minerais presentes na cana-de-açúcar, conferindo ao produto final maior valor nutricional quando comparado ao açúcar branco refinado (JERONIMO *et al.*, 2020).

O processo de fabricação do açúcar mascavo confere ao produto alto teor de umidade (JESUS, 2010). As etapas para a obtenção do açúcar são: moagem da cana, limpeza e purificação do caldo, cozimento, resfriamento, cristalização, peneiragem e embalagem (JERONIMO *et al.*, 2020). Quando produzido em menor escala e de forma artesanal, o açúcar não passa pelo processo de secagem, o que confere ao produto altos teores de umidade (LOPES; BORGES, 1998).

De acordo com Parazzi *et al.* (2009), a presença de alta umidade favorece um ambiente propício para o crescimento de microrganismos, afetando a vida útil do produto, causando prejuízos e apresentando riscos para a saúde. Buscando resolver esse problema, as indústrias utilizam secadores, centrífugas e outras tecnologias para secar o açúcar e tentar controlar o teor de umidade.

Segundo Esse e Saari (2004), o ganho ou a perda de umidade pode modificar a textura do açúcar, podendo apresentar empedramento e dissolução dos cristais.

A umidade é capaz de alterar a aparência do produto, sendo a cor uma das características mais visíveis. As melanoidinas, responsáveis pela coloração mais escura dos alimentos, são formadas através das reações não-enzimáticas como a caramelização e a reação de *Maillard*. O escurecimento aumenta com

o aumento da umidade relativa, pois a água age como catalisador (KORT, 1978). No armazenamento, a sacarose passa pelo processo de degradação modificando a cor do açúcar (JAMBASSI, 2017).

Determinados fatores como a temperatura no momento do cozimento, a variedade da matéria-prima, material dos equipamentos e a exposição à luz influenciam a cor (LOPES; BORGES, 1998), podendo a coloração variar entre tons de marrom mais claros/dourados a mais escuros (JERONIMO *et al.*, 2020).

Segundo Jeronimo *et al.* (2020), é recomendado armazenar o açúcar mascavo em locais secos e bem ventilados. A temperatura, umidade e presença de luz devem ser controlados durante o armazenamento (JAMBASSI, 2017). De acordo com Lopes e Gabriel (2011) deve-se evitar locais com infiltração de umidade, que não impeça a entrada de animais como roedores e insetos, e que permitam às oscilações da umidade relativa no ambiente. No armazenamento, alterações químicas podem ocorrer e afetar o sabor, textura e cor dos alimentos, devido ao escurecimento enzimático e a degradação de pigmentos (PINTO, 2015).

Para estimar o tempo de prateleira de um produto, algumas etapas são importantes. De acordo com Pinto (2015), essas etapas são: identificação dos fatores que afetam a vida de prateleira; planejamento do estudo de vida de prateleira; testes a serem realizados; realização dos ensaios; determinação da vida de prateleira e monitoramento.

A aparência e a textura são atributos importantes para o açúcar e estão relacionados à cor, umidade, granulosidade e homogeneidade. Estas são características relevantes no momento da escolha do produto pelo consumidor, pois ele é atraído pelas particularidades do produto que são percebidas pelos órgãos do sentido, como a visão, o tato e a audição.

A análise descritiva quantitativa (ADQ) é uma técnica sensorial capaz de descrever as características dos produtos, utilizando avaliadores treinados (STONE; SIDEL, 2004). Os testes afetivos são utilizados para informações sobre preferência e aceitação dos consumidores (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2008).

A produção do açúcar mascavo não possui um padrão estabelecido pela legislação e informações sobre o efeito do armazenamento nos atributos sensoriais são limitadas. Por isso, o presente trabalho, através das análises, buscou responder se há alteração dos atributos de aparência e textura de quatro amostras de açúcar mascavo com diferentes teores de umidade e granulometria durante o armazenamento de doze meses.

2 OBJETIVO

Avaliar a influência do armazenamento nas características sensoriais e aceitação do açúcar mascavo com diferentes teores de umidade buscando responder se a qualidade sensorial do produto será alterada.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Cana-de-açúcar

Originária da Melanésia e sudeste asiático, a espécie *Saccharum officinarum* L. recebeu maior destaque para a produção de açúcar. Acredita-se que a partir de 8.000 a.C. ela tenha expandido para as ilhas da Oceania e em 6.000 a.C. para a Índia, China e Java (ARTSCHWAGER; BRANDES, 1958). No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar foi introduzida em 1515. Anos mais tarde, em 1532, foi construído o primeiro engenho na região Sudeste. Mas foi na região Nordeste que os engenhos apresentaram maior expansão (MARQUES, 2009).

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas do país (OLIVEIRA; BRAGA, 2011), sendo utilizada como fonte de energia renovável, produção de etanol, açúcar, forragem para os animais, melaço, rapadura e cachaça (MEIRELLES, 2009).

A cana-de-açúcar é uma gramínea com metabolismo C4 (MOORE; MARETZKI, 1996) e apresenta alta atividade fotossintética. Isso se deve à sua área foliar, que é capaz de absorver uma grande quantidade de energia solar, favorecendo o crescimento da cultura (IRVINE, 1983). Os nutrientes e energia da planta são direcionados para o acúmulo de biomassa e sacarose nos colmos (NOGUEIRA, 2022).

Pertencente à família Poaceae, possui inflorescência em formato de espiga, caule em colmos, bainha aberta e folhas com lâmina de sílica nas bordas (DIOLA; SANTOS, 2010). Possui um bom desenvolvimento em climas subtropical e tropical e demanda alta quantidade de água (TEJERA *et al.*, 2007). O cultivo pode ocorrer em três épocas diferentes: a) sistema de ano e meio (cana de 18 meses) – janeiro a março; b) sistema de ano (cana de 12 meses) – outubro a novembro; c) plantio de inverno (ROSSETTO; SANTIAGO, 2022).

3.1.1 Variedade SP 80-3280

A variedade SP 80-328 é resistente ao carvão, ferrugem e mosaico, tolerante à escaldadura, suscetível à broca (*Diatraea saccharalis*). Apresenta bom fechamento entrelinhas, possui boa brotação de soqueira, alto teor de fibra, média exigência de fertilidade do solo, perfilhamento intermediário (COPERSUCAR UNIÃO, 2006).

3.2 Produção do açúcar mascavo

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2023), as estimativas da safra de 2023/2024 mostram que a produção de açúcar em geral será de aproximadamente 38,77 milhões de toneladas.

A cana-de-açúcar é matéria-prima para diversos produtos, como a cachaça, o melado, a rapadura e o açúcar (mascavo, cristal, demerara e refinado). De acordo com Jeronimo *et al.* (2020), alguns alimentos, como a rapadura, são regionais, com predominância do seu consumo em determinados lugares. Mas, com o aumento do interesse das pessoas por alimentos com melhor valor nutricional, diversas regiões passaram a consumir esse tipo de produto.

Os alimentos mais naturais vêm fazendo parte da rotina das pessoas, que buscam uma vida mais saudável com a mudança de hábitos. Um exemplo é o aumento do consumo de açúcar mascavo, conforme relatado por Generoso *et al.* (2009). De acordo com o estudo de mercado, realizado pela Mordor Intelligence (c.2023), as regiões Ásia-Pacífico seguida da América do Norte dominam o mercado de açúcar mascavo. Sua produção ocorre em países com clima tropical, como China, Tailândia, Vietnã, Índia, Bolívia, Brasil e Indonésia. Ainda segundo o relatório, o aumento da procura por produtos de panificação influenciará o aumento na demanda por açúcar mascavo nos próximos anos, visto que o produto é um bom ingrediente para a produção.

3.2.1 Matéria-prima

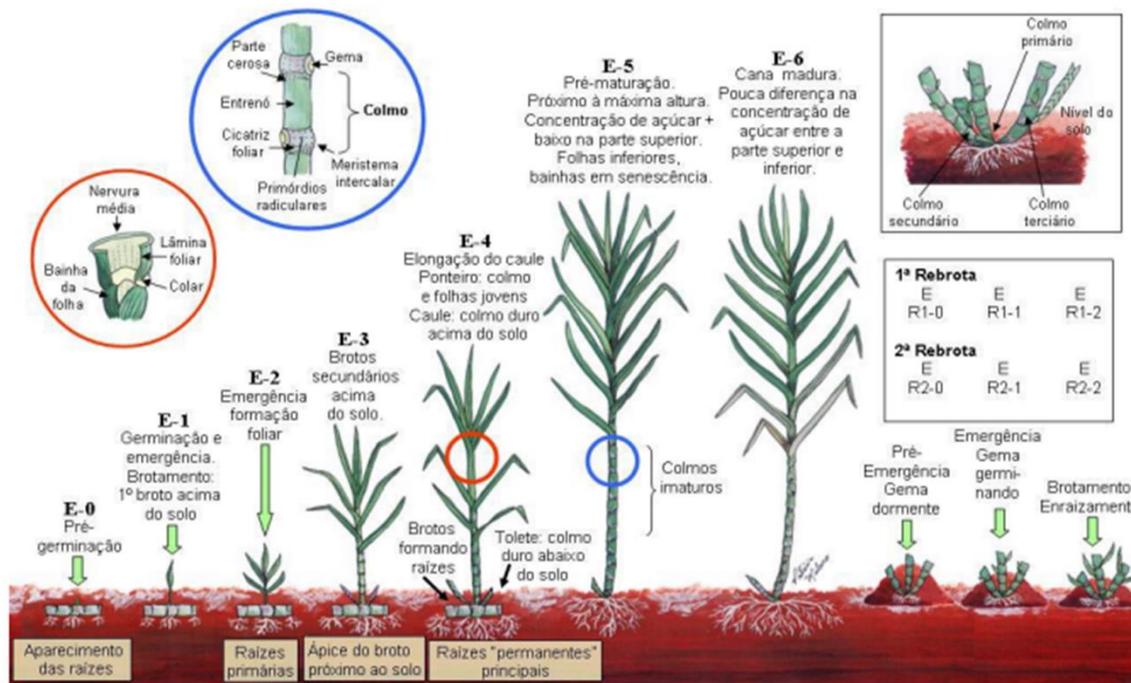
A produção de açúcar mascavo inicia-se com o recebimento da matéria-prima. Logo após a moagem, o caldo é peneirado para retirada das impurezas e, em seguida, é aquecido e concentrado. Após esse processo, o caldo é resfriado, cristalizado, peneirado e embalado (LOPES; BORGES, 2004; JERONIMO *et al.*, 2020).

Para a escolha da matéria-prima, são considerados fatores como a variedade da cana (precoce, média e tardia), região de plantio, clima e solo (CESAR; SILVA, 2003). As mudas das plantas devem ser sadias e adquiridas em locais com boas condições sanitárias, como viveiros, usinas, instituições de pesquisa e estações experimentais (JERONIMO *et al.*, 2020; CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003).

A colheita da cana deve ser realizada no período de maturação (Figura 1) adequado (CESAR; SILVA, 2003), que pode ser verificado por meio da amostragem da sacarose em duas coletas do caldo, uma na base do colmo e outra na parte superior, antes da quebra do ponteiro. Isso ocorre porque durante a maturação, a sacarose inicia seu acúmulo nos colmos inferiores em direção à ponta. Quando o valor de 18 °Brix é atingido, significa que a cana-de-açúcar está madura e pronta para a colheita (JERONIMO *et al.*, 2020).

A cana no estágio de maturação verde deve ser evitada, pois a concentração de açúcares redutores presentes pode prejudicar a cristalização do açúcar e contribuir com o escurecimento do açúcar (JERONIMO *et al.*, 2020).

Figura 1. Fases fenológicas da cana-de-açúcar.



Fonte: Nakano (2011).

3.2.2 Moagem

A cana-de-açúcar chega à unidade de produção e é conduzida para a mesa alimentadora (MACHADO, 2012), segue para o desfibrador e depois para a moenda. Na moenda, os colmos são prensados para a extração do caldo (ORSOLIN, 2002). Na primeira prensagem, 50 a 70% do caldo é extraído, em seguida, o bagaço passa pela segunda vez na moenda para que o caldo restante seja retirado (LIMA; MARCONDES, 2002). De acordo com Machado (2012), 96% do caldo da cana é extraído e direcionado para a produção de açúcar.

3.2.3 Caldo

Recomenda-se que a obtenção do caldo seja realizada no mesmo dia em que ocorre o corte para evitar a deterioração da cana, o que pode comprometer a qualidade do produto. É importante respeitar o tempo entre o

corte da cana e o cozimento do caldo, sendo ideal que não seja superior a 12 horas. Em determinados casos, a qualidade da matéria-prima permite prolongar esse tempo para até 30 horas, no máximo (CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003).

De acordo com Lemos (2012) a dextrana, é um polissacarídeo produzido por bactérias como as do gênero *Leuconostoc*, que contaminam a cana, ocasionando perdas durante o processamento do açúcar, prejudicando a cristalização e aumentando a viscosidade dos méis. A dextrana produzida pelas bactérias *Leuconostoc mesenteroides* são solúveis em água, metil sulfóxido e etileno glicol (NEUCHL; MERSMANN, 1996). As bactérias degradam a sacarose, conseqüentemente ocorre a redução do °Brix do caldo (ORTIGOZA-BERMÚDEZ *et al.*, 2019). De acordo com Cuddihy, Porro e Rauh (2001) a presença da dextrana está relacionada à perda da sacarose na cana, no momento da colheita, transporte e indústria.

Após a etapa de moagem, o caldo é filtrado e decantado para que as impurezas sejam retiradas antes de passar pelo processo de aquecimento. Durante a fase de aquecimento, a espuma formada é retirada, proporcionando um caldo mais claro (JERONIMO *et al.*, 2020).

De acordo com Jeronimo *et al.* (2020), o pH ácido do caldo da cana é capaz de alterar a cor do açúcar e prejudicar a cristalização, devido a inversão da sacarose. Por esse motivo, recomenda-se que o caldo seja corrigido antes do aquecimento, para que o pH normal de 5,5, aumente para 7,0.

3.2.4 Cristalização

O caldo aquecido pode ser dividido em duas etapas: evaporação e concentração. Ao aquecer o caldo, ocorre a evaporação e, ao longo do tempo, o caldo fica concentrado, formando um xarope viscoso. Atingindo o ponto ideal, o xarope fica quebradiço e transparente quando colocado na água (JERONIMO *et al.*, 2020). O xarope da cana deve atingir valor próximo a 90 °Brix, ser agitado, resfriado, desta forma, iniciando a formação dos cristais (LOPES; GABRIEL, 2011).

3.2.5 Peneiragem

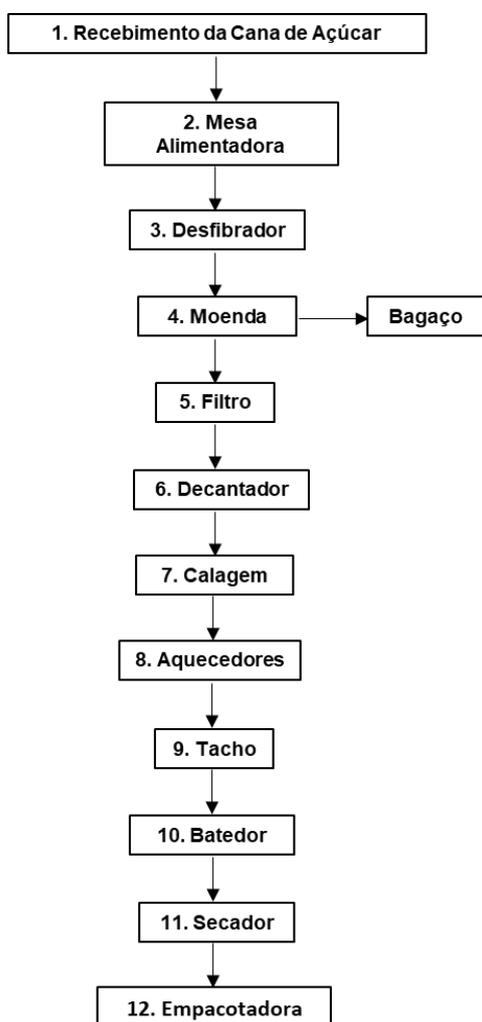
Após a cristalização, o açúcar é resfriado, os torrões maiores são separados e triturados por uma moega e cilindro, sendo peneirado antes do empacotamento (ORSOLIN, 2002; CHAVES; FERNANDES; SILVA, 2003).

3.2.6 Empacotamento

O açúcar mascavo é peneirado antes do empacotamento, pesado e embalado, podendo ser colocado em sacos de 60 kg ou em embalagens menores, variando de 200g a 1kg, e direcionado ao mercado (CHAVES FERNANDES; SILVA, 2003). Para o armazenamento, os produtos necessitam possuir data de validade entre um e dois anos e serem alocados em ambiente seco e bem ventilado (JERONIMO *et al.*, 2020).

As etapas de produção do açúcar mascavo citadas acima estão representadas na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma da produção de açúcar mascavo.



3.3 Características físicas e químicas do açúcar mascavo

A composição do caldo da cana, de acordo com Jeronimo *et al.* (2020), é formada por água (80%) e sólidos solúveis, os açúcares (18%) e os não açúcares, sendo estes divididos em orgânicos (1%) e inorgânicos (1%). Para a produção de açúcar, a sacarose desempenha um papel importante, pois está ligada à cristalização do produto.

De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos - TACO (2011), em 100 gramas de parte comestível, ao comparar os dois tipos de açúcares, o refinado e o mascavo, verificou-se que o teor de potássio no açúcar mascavo é

de 522 mg, enquanto no açúcar refinado é de apenas 6 mg. O segundo elemento em maior quantidade é o cálcio, com 127 mg no açúcar mascavo e 4 mg no açúcar refinado. O terceiro é o magnésio, com 80 mg no açúcar mascavo e 1 mg no refinado; o quarto é o fósforo, com 38 mg no açúcar mascavo e apenas traços no açúcar refinado (Tabela 1), 8,3 mg de ferro e 25 mg de sódio no açúcar mascavo e 0,1 mg e 12 mg, respectivamente (Tabela 2), no açúcar refinado. Somente o açúcar mascavo apresentou vitaminas em sua composição.

Faria (2012) analisou o teor de minerais de oito amostras de diferentes tipos de açúcares: açúcares cristal orgânicos (A e B), açúcar cristal convencional (C), açúcares demerara orgânicos (D, E e F), açúcar mascavo (G) e açúcar refinado (H). O açúcar mascavo apresentou valor de 5129 mg.kg⁻¹ para cálcio, 1431 mg.kg⁻¹ de potássio e 1161 mg.kg⁻¹ de sódio. Os menores valores encontrados para os três minerais foram no açúcar cristal convencional (C). O açúcar demerara orgânico (D), demerara orgânico (F) e o açúcar mascavo (G) apresentaram teores de ferro de 0,85 mg.kg⁻¹, 21 mg.kg⁻¹ e 53,4 mg.kg⁻¹, respectivamente.

Em um estudo com quinze marcas de açúcar mascavo, Silva (2017) encontrou o menor teor de cálcio na amostra 10, com valor entre 427 mg.kg⁻¹ e 3453 mg.kg⁻¹, entre 1367 e 4558 mg.kg⁻¹ de potássio e no intervalo de 80 mg.kg⁻¹ a 558 mg.kg⁻¹ para fósforo.

Tabela 1. Valores de concentrações de cálcio, potássio, fósforo, magnésio e manganês em mg.kg⁻¹ de diferentes açúcares encontrados na literatura

Tipo de açúcar	Ca*	K*	P*	Mg*	Mn*	Referência
*mg.kg ⁻¹						
Refinado	41,1	34				
Mascavo	5129	1431				
Cristal	27 - 53,5	3 - 51,8				
Demerara	58 - 1147	3,1 - 42,1				
Mascavo	127	522	38	80	2,03	
Refinado	4	6	Tr.	1	-	Faria (2012)
Mascavo	427 - 3453	1367 - 4558	80 - 558	0 - 1304	-	Tabela (2011)**
Mascavo	754,4 - 5432,2	137,4 - 10835	16,5 - 569,5	6,2 - 1705,2	2,1 - 56,2	Silva (2017)
Mascavo				390,4 -		Wilwerth <i>et al.</i> (2009)
Mascavo	536,8 - 3134	-	-	641,5	-	Natalino (2006)

Tr. = traços. **mg

Wilwerth *et al.* (2009) determinaram a concentração de minerais e metais pesados em trinta e uma amostras de açúcar mascavo. Os resultados apresentaram valores diversos para cálcio variando entre 754,4 e 5432,2 mg.kg⁻¹, potássio entre 137,4 e 10835 mg.kg⁻¹, fósforo entre 16,5 e 569,5 mg.kg⁻¹, magnésio entre 6,2 e 1705,2 mg.kg⁻¹, manganês entre 2,1 e 56,2 mg.kg⁻¹, ferro entre 29,9 e 488,4 mg.kg⁻¹ e sódio entre 13,4 e 1399,5 mg.kg⁻¹.

De acordo com Cavalcanti *et al.* (2016), os metais pesados em grandes quantidades afetam o meio ambiente e podem prejudicar a saúde. Os autores analisaram a quantidade de cádmio e chumbo presentes em dez amostras de açúcar mascavo comercializadas na região metropolitana de Recife. Os valores encontrados para o chumbo e o cádmio variaram entre as amostras, com teores de chumbo variando entre 0,12 e 1,60 mg.kg⁻¹ e de cádmio entre 0,12 e 1,30 mg.kg⁻¹. Wilwerth *et al.* (2009) encontraram valores mais elevados para cádmio, variando entre 0,61 e 4,9 mg.kg⁻¹, e para chumbo, variando entre 6,3 e 16,2 mg.kg⁻¹.

Natalino (2006), por meio da espectrofotometria de absorção atômica, determinou as concentrações de íons metálicos de noventa e sete amostras de

açúcar mascavo. Os valores encontrados para cálcio variaram entre 536,8 e 3134,0 mg.kg⁻¹, para magnésio variaram entre 390,4 e 641,5 mg.kg⁻¹, para sódio variaram entre 167,7 e 856,6 mg.kg⁻¹ e para ferro variaram entre 16,7 e 94,1 mg.kg⁻¹.

Tabela 2. Valores de concentrações de ferro, sódio, chumbo e cádmio em mg.kg⁻¹ encontrados na literatura

Tipo de açúcar	Fe *	Na*	Pb*	Cd*	Referência
			mg.kg ⁻¹ ,		
Refinado	≤ LOD**	1065	0,9		
Mascavo	53,4	1161	0,6	≤ LOD	Faria (2012)
Cristal	≤ LOD	84,9 - 85,7	0,7 - 1,1		
Demerara	≤ LOD - 21	87,3 - 96,3	0,5 - 0,9		
Mascavo	8,3	25	-	-	Tabela de Composição de alimentos - TACO (2011)**
Refinado	0,1	12	-	-	Silva (2017)
Mascavo	-	117 - 1942	-	-	Cavalcanti <i>et al.</i> (2016)
Mascavo	-	-	0,12 - 1,60	0,12 - 1,30	Wilwerth <i>et al.</i> (2009)
Mascavo	29,9 - 488,4	13,4 - 1399,5	6,3 - 16,2	0,61 - 4,9	Natalino (2006)
Mascavo	16,7 - 94,1	167,7 - 856,6	-	-	

≤ LOD: limite mínimo detectado. **mg

De acordo com a TACO (TABELA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2011), o açúcar mascavo apresenta 0,8 g de proteína, 0,1 g de lipídeos e 94,5 g de carboidratos, seguido do açúcar refinado com 0,3 g de proteína, 99,5 g de carboidratos e traços de lipídeos, e do açúcar cristal, que apresenta 0,3 g de proteínas, 99,6 g de carboidratos e traços de lipídios (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de energia, proteínas, lipídios, carboidratos (g) e fibras (g)

Tipo de açúcar	Energia (kcal)	Proteínas (g)	Lipídeos (g)	Carboidratos (g)	Fibras (g)
Refinado	387	0,3	tr	99,5	NA
Mascavo	369	0,8	0,1	94,5	NA
Cristal	387	0,3	tr	99,6	NA

Fonte: Tabela de Composição de Alimentos (2011). *tr: traços.

Existem três formas diferentes da água estar presente nos alimentos: água livre, água absorvida e água ligada (CECCHI, 2003). A água livre é a água presente entre os poros e nos espaços intragranulares dos alimentos. A água absorvida está presente na superfície das macromoléculas por ligações de hidrogênio e a água ligada está ligada quimicamente com outras substâncias. A soma da água absorvida e da água ligada é chamada de água combinada (GAVA, 2000).

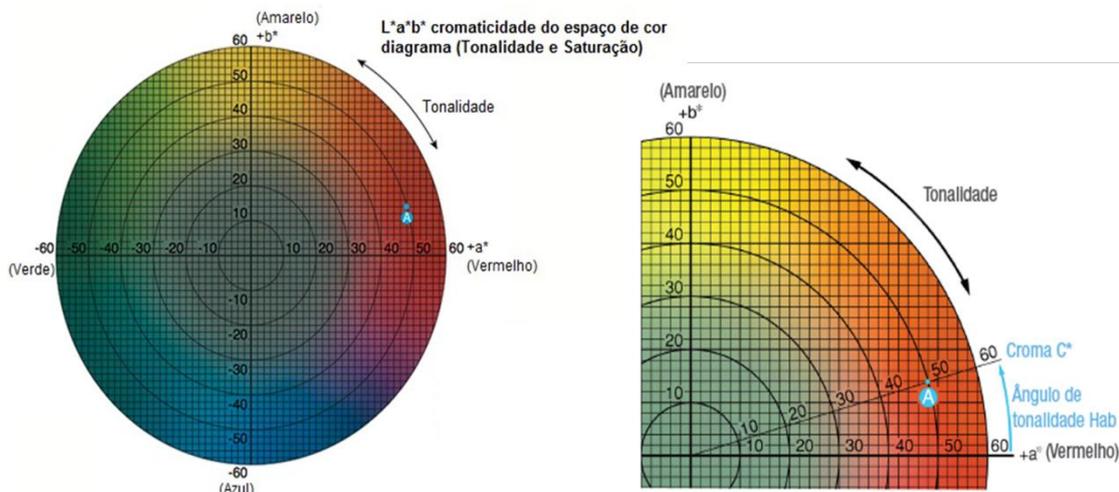
O teor máximo de umidade estabelecido pela legislação para o açúcar cristal é de 0,10%, para o açúcar demerara é de 0,50% e para o açúcar refinado é de 0,20% (BRASIL, 2018). O açúcar mascavo apresenta valores acima dos outros tipos de açúcares, sofrendo variações de um fabricante para outro, pois não existe uma legislação que padronize o teor de umidade para o produto.

Segundo Chaves (1994), a percepção das pessoas em relação à cor é estudada e quantificada pela colorimetria. A cor é gerada pela reflexão da luz em um objeto, sendo captada pelos olhos e processada pelo cérebro. É possível quantificá-la por meio do comprimento das ondas e da sua intensidade (DURÁN ROJAS, 2007). De acordo com Gutemberg (2004), a cor possui três parâmetros: tonalidade, luminosidade e croma ou saturação.

O croma está relacionado à intensidade da cor. Cores com alto índice de cromaticidade são conhecidas como "cores vivas" (SILVA, 2015). Tem início no centro do diagrama (em zero) e representa a distância do eixo de luminosidade (KONICA MINOLTA, c.2023). O ângulo *hue* (h°) é o ângulo de tonalidade, que tem início no eixo $+a^*$. Os valores são dados em graus. Em 0° , $+a^*$ é representado pela cor vermelha, em 90° o parâmetro $+b^*$ é amarelo, em 180° $-a^*$ é verde e em 270° $-b^*$ é azul (McGUIRE, 1992) (Figura 3).

O sistema CIE L, a^* e b^* criado pela CIE (Commission International de l'Eclairage) em 1974 fornece dados sobre L (luminosidade), a^* (vermelho/verde) e b^* (amarelo/azul). Os resultados são gerados por equipamentos colorímetros, como Hunter e Minolta (McGUIRE, 1992).

Figura 3. Diagrama de cromaticidade, L, a^* e b^* .



Fonte: Konica Minolta (c.2023.).

Rós (2019) avaliou a cor de 11 marcas de açúcar mascavo, sendo 5 produzidas com matéria-prima cultivada em sistema convencional (MC) e 6 em sistema de cultivo orgânico (MO), por meio dos parâmetros de luminosidade (L), eixos a^* e b^* . A amostra MC1 (convencional) apresentou cor mais clara com $L = 61,72$ e a mais escura foi a MO5 (orgânica) com $L = 44,05$, ambas diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). No eixo a^* , a amostra MO3 apresentou a coloração vermelha mais intensa com média de 5,50, enquanto as amostras MC3 e MO6 com médias de 1,74 e 1,51, respectivamente, apresentaram menor intensidade. No eixo b^* , o açúcar convencional (MC1) obteve maior média (33,18) para intensidade de cor amarela, enquanto MO6 apresentou menor média (23,10), mostrando uma tonalidade mais neutra.

Silva *et al.* (2018) também avaliaram a cor de 15 amostras de açúcar mascavo, onde os valores de luminosidade variaram de $L = 45,00$ (mais escura) a $L = 67,4$ (mais clara). O eixo a^* apresentou médias entre 3,2 e 9,4 e o eixo b^* apresentou médias variando entre 21,0 (amostra 11 - menor intensidade de amarelo) e 34,7 (amostra 4 - maior intensidade de amarelo).

Verruma-Bernardi *et al.* (2007) avaliaram a cor instrumental de 9 amostras de açúcar mascavo, codificadas de A a I, por meio dos parâmetros L, a^* e b^* . Os valores de L variaram entre 24,55 (amostra A) e 54,35 (amostra D), sendo que a amostra com menor média foi considerada a mais escura e a

maior média a mais clara. No eixo a^* , os valores encontrados variaram de 6,01 (amostra D) a 9,63 (amostra B), apresentando tonalidade vermelha. No eixo b^* , as amostras I e D obtiveram médias de 21,95 e 19,73, respectivamente, apresentando maior intensidade na cor amarela.

3.4 Características sensoriais do açúcar mascavo

De acordo com a definição de Stone e Sidel (2004), a análise sensorial “é uma disciplina da ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características de alimentos e materiais percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição”.

As avaliações da análise sensorial são realizadas através da aplicação de testes que são divididos em três categorias: discriminativos, descritivos e afetivos. Os testes discriminativos escolhem um atributo e indicam se há ou não diferença significativa entre as amostras. Podem ser utilizados testes como o duo-trio, ordenação, comparação pareada, triangular, entre outros. Nos testes descritivos, é necessário ter uma equipe treinada para que os julgadores descrevam a intensidade de cada atributo de maneira mais precisa. Nas avaliações, podem ser utilizados a análise descritiva quantitativa (ADQ), perfil de sabor e perfil de textura. Nos testes afetivos, não é necessário treinamento, as escolhas são baseadas em preferências, memórias afetivas e opinião dos participantes. Podem ser utilizados os testes de preferência e aceitação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL, 2008).

Os atributos sensoriais são avaliados pela aparência, aroma, sabor e textura. Através do olfato, é possível perceber as substâncias voláteis quando inaladas. O paladar e o olfato são os sentidos responsáveis pela percepção do sabor. A textura é percebida pelo tato, audição e visão. A aparência está relacionada à cor, tamanho, brilho, forma e espessura, características captadas pela visão (IAL, 2008). Dependendo do produto, a cor exerce grande influência na tomada de decisão de compra do produto pelo consumidor.

Determinadas reações que ocorrem no processamento do açúcar mascavo são capazes de alterar sua cor, como a caramelização, podendo a

coloração variar do marrom claro ao marrom escuro (DELGADO; DELGADO, 1999).

O sabor do açúcar mascavo é semelhante ao da rapadura e do melaço (CHAVES, 1998; ARAÚJO *et al.*, 2011; MACHADO, 2012), porém pode ser alterado conforme o teor de cinzas, que se em grande quantidade, confere um gosto amargo ou salgado ao produto (MINGUETTI, 2012).

Quanto à textura, o açúcar mascavo pode ser granulado (batido) ou do tipo cristalizado. O açúcar mascavo produzido no Brasil é do tipo batido e se assemelha a um pó microcristalino.

No estudo realizado por Verruma-Bernardi *et al.* (2010), com 29 amostras de açúcares mascavos, o atributo cor foi avaliado no intervalo de “marrom claro” e “marrom escuro”. A amostra 1 foi considerada a mais clara com 0,4 na escala e a 16 a mais escura com 8,2. As amostras mais próximas do marrom escuro totalizaram 51,8%, com valores acima de 4,5 na escala. Oito amostras apresentaram valores abaixo de 4,0, sendo consideradas mais claras. No atributo umidade, a amostra mais úmida foi a 26, com média de 7,4, e a menos úmida foi a 22, com a menor média (1,3). Os autores verificaram que 53% das amostras apresentaram baixa umidade, com valores abaixo de 4,5. No atributo homogeneidade, 83% das amostras mostraram-se mais homogêneas, com valores na escala acima de 4,5.

Faria, Spoto e Verruma-Bernardi (2013) compararam oito amostras de açúcares, sendo açúcares cristal orgânicos (A, B), açúcar cristal convencional (C), açúcares demerara orgânicos (D, E, F), açúcar mascavo (G) e açúcar refinado (H). A análise sensorial foi realizada através da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), contando com 15 provadores. No atributo cor, foi avaliado o intervalo entre “branco” e “marrom”. O açúcar mascavo obteve a coloração mais escura dentre os açúcares, com média de 8,4 na escala.

Verruma-Bernardi *et al.* (2007) avaliaram os atributos de aparência, aroma, sabor e textura em 9 amostras de açúcares mascavos, codificadas de A a I. Para a análise sensorial, foi utilizada a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com a participação de 8 avaliadores. No atributo cor, quatro amostras foram consideradas as mais escuras, sendo que uma recebeu destaque (A) por

ter apresentado a maior média e diferença significativa das demais. Duas amostras apresentaram cor intermediária (B e C) e três (H, D e I) apresentaram coloração mais clara. No atributo uniformidade, duas amostras (A e I) foram consideradas mais uniformes. As médias de quatro amostras (C, E, F e G) permaneceram entre o centro e a extremidade inferior da escala, com pouca uniformidade, e três amostras (B, D e H) apresentaram valores intermediários. No atributo umidade, cinco amostras apresentaram valores intermediários e quatro apresentaram menor umidade, com médias variando entre 2,8 e 3,5.

Araújo *et al.* (2011) apresentaram dez amostras de açúcar mascavo a 28 consumidores e, por meio do teste de ordenação, avaliaram o atributo cor. Os açúcares foram agrupados, e três amostras foram consideradas mais claras, seis apresentaram cor intermediária e uma amostra apresentou coloração escura.

Bettani *et al.* (2014) avaliaram oito tipos de açúcares, sendo eles: açúcares cristal orgânicos (A, B), açúcar cristal convencional (C), açúcares demerara orgânicos (D, E, F), açúcar mascavo (G) e açúcar refinado (H). Através do teste de ordenação, os atributos de aparência, textura e sabor foram avaliados por 20 participantes. No atributo cor, três amostras (G, D e F) apresentaram os maiores somatórios e foram consideradas as mais escuras, quatro amostras (A, B, E, H) apresentaram cor intermediária e a amostra C foi considerada a mais clara. No atributo de aparência granulosa, três amostras (D, F e A) diferiram estatisticamente das demais e foram consideradas as mais grossas, enquanto a amostra H, com menor somatório, foi considerada a mais fina.

3.5 Armazenamento de açúcar

O tempo de prateleira pode variar de um alimento para o outro e de acordo com a sua composição. Para Singh e Cadwallader (2004) os alimentos possuem um sistema complexo, com as reações que ocorrerem, o sabor, textura e vida de prateleira do produto são afetados.

A qualidade do produto é influenciada por alguns fatores como o ganho ou perda de umidade; mudanças químicas como alteração do sabor, mudança de cor, perda de nutrientes; mudanças induzidas pela luz como perda de vitaminas e perda da coloração natural do alimento e alteração da temperatura que pode aumentar ou diminuir a velocidade de deterioração (NEW ZEALAND FOOD SAFETY AUTHORITY, 2005).

Durante o período de armazenamento pode ocorrer o empedramento do açúcar. O açúcar entrando em contato com a umidade faz com que o cristal dissolva e uma película de mel o cubra, possibilitando contato com outros cristais e os unindo (LOPES, 2008).

De acordo com Asikin *et al.* (2014) o açúcar mascavo pode ser armazenado por um período de 1 a 2 anos. Segundo os autores ainda há pouca informação sobre a composição físico-química e compostos de sabor do açúcar mascavo armazenado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

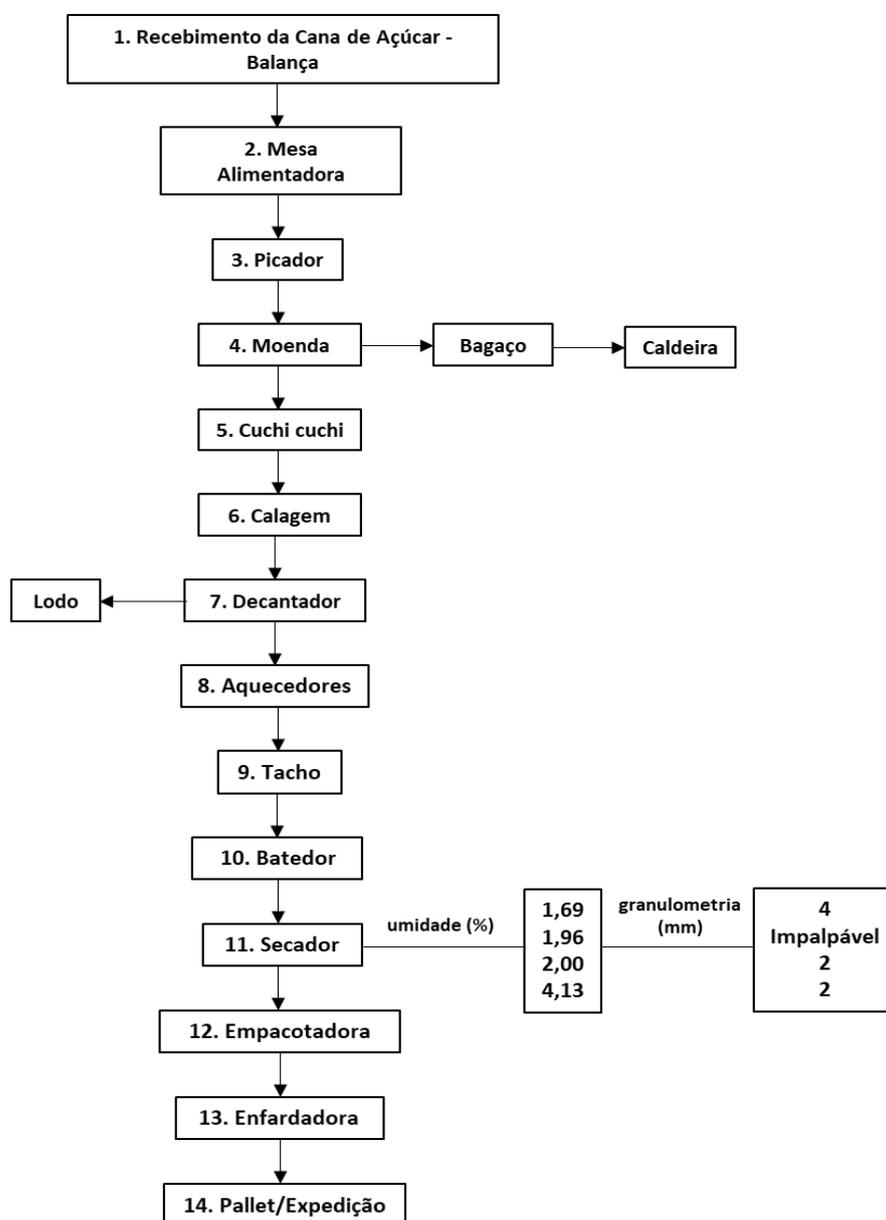
As amostras de açúcares mascavo foram fornecidas em embalagens de 250 gramas, envasadas em temperatura de $25^{\circ} \leq T \leq 30^{\circ}$. Os açúcares foram produzidos no mês de outubro de 2021 com validade de 2 anos. Foram utilizadas quatro amostras de açúcar mascavo de origem industrial com diferentes teores de umidade (Figura 4). Para a produção do açúcar foi utilizada a variedade SP 80-3280 e o fluxograma está apresentado na Figura 5.

Figura 4. Amostras de açúcar mascavo com diferentes teores de umidade.



*A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13% de umidade inicial, com granulometria de 4 mm, impalpável, 2 mm e 2 mm respectivamente.

Figura 5. Fluxograma da produção de açúcar mascavo com as umidades (%) e granulometria (mm) dos açúcares mascavo



Os açúcares mascavos foram armazenados em local com controle da umidade e temperatura utilizando um termo higrômetro digital marcando temperatura média inicial de 25 °C e umidade relativa média de 55%. O ambiente simulado foi o de exposição à venda em supermercados. Para Dias e Jurado (2002) as condições mais adequadas para testes de alimentos é de temperatura de 30 °C e umidade relativa de 40%. As análises ocorreram em triplicata, de três em três meses, totalizando 5 análises (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de temperatura (°C) e umidade (%) do local de armazenamento das amostras

Análises	Período de análises (dias)	Mês / ano	Temperatura (°C)	Umidade (%)
1	0	-	25,0	55,0
2	90	Nov / 21 Dez / 21 Jan / 22	26,8	54,3
3	180	Fev / 22 Mar / 22 Abr / 22	24,5	57,7
4	270	Mai / 22 Jun / 22 Jul / 22	18,1	50,5
5	365	Ago / 22 Set / 22 Out / 22	23,6	50,1

4.2 Análise do teor umidade

A umidade dos açúcares mascavos foi determinada através da perda de peso por secagem à pressão atmosférica a uma temperatura de 105 °C em estufa, com amostras contendo 10 gramas de açúcar (IAL, 2008).

Fórmula:

$$\frac{100 \times N}{P} = \text{umidade a } 105 \text{ }^{\circ}\text{C por cento massa}$$

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g);

P = nº de gramas da amostra.

4.3 Atividade de água

A análise de água foi realizada utilizando o aparelho da marca Testo, modelo 650 Aw. Uma pequena quantidade de cada amostra foi disposta no aparelho, o mesmo foi fechado e após o tempo para estabilização as leituras foram realizadas (SILVA, 2017).

4.4 Análise microbiológica

As amostras de açúcar mascavo foram analisadas quanto ao número de coliformes totais. Foram pesados 20 g de açúcar, sendo adicionados a um erlenmeyer com solução salina (NaCl 0,85%) completando o volume de 100 mL. Para a análise utilizou-se 1 mL da solução em placas Petrifilm™ (AOAC 991.14 - 3M Microbiology) (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2002). Após 48 horas de incubação a uma temperatura de 35 °C foi realizada a contagem das colônias e os resultados em UFC/g.

4.5 Análise de cor instrumental

A análise de cor instrumental dos açúcares mascavo foi avaliada utilizando o colorímetro da marca Konica Minolta CR-400. Foram medidas a Luminosidade (L), sendo L =0 (preto) e L =100 (branco); o valor a^* que pode variar do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$) e o valor b^* pode representar a variação do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$), croma (C) e *hue* (McGUIRE, 1992).

4.6 Análise sensorial

A pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética CAAE:48514021.5.0000.5504.

4.6.1 Análise sensorial descritiva - cor e textura

Os avaliadores receberam quatro amostras de açúcares mascavos (Figura 4) com 10 gramas cada em recipientes descartáveis codificados com três dígitos, em triplicata.

Para descrição sensorial dos açúcares, utilizou-se a análise descritiva quantitativa descrita por Stone e Sidel (2004). A metodologia foi adaptada, pois utilizou-se apenas a análise de aparência e textura, considerando o período de COVID-19, o aroma e sabor não foram avaliados. Os termos levantados foram em relação a aparência e textura, sendo esses atributos os mais relevantes para a escolha do açúcar.

Participaram do estudo 9 avaliadores pré-selecionados que apresentaram interesse e disponibilidade para realizar as análises no período proposto e que tinham conhecimento prévio em análise sensorial de açúcar. O levantamento de atributos foi realizado através do método Rede descrito por Kelly (1955) citado por MOSKOWITZ (1983) (Figura 6). Foram realizadas duas sessões onde foram apresentadas pares das amostras de açúcares mascavo e solicitado aos avaliadores que descrevessem as diferenças e as similaridades entre as amostras e registrassem na ficha os atributos percebidos.

Figura 6. Ficha de levantamento de atributos do método Rede.

<p>Nome: _____ Data: _____ Idade: _____</p> <p>1. Primeiro pedimos que você olhe as duas amostras de açúcar mascavo, avalie a aparência das amostras e descreva as similaridades e diferenças entre as amostras.</p> <p>Aparência</p> <p>Amostra:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Amostra:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>2- Agora, por favor, olhe e toque as amostras de açúcar mascavo e descreva as similaridades e diferenças entre elas com relação à textura.</p> <p>Textura</p> <p>Amostra:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Amostra:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Comentários: _____</p> <p>_____</p>

Os atributos levantados na análise foram discutidos e os termos que apresentaram mesmo significado foram agrupados e aqueles que apareceram menos vezes, por consenso, foram retirados. No final das sessões, foi gerada uma lista de termos descritivos com as definições e respectivos extremos de cada escala. Durante o treinamento os participantes avaliaram a intensidade de cada atributo sensorial das amostras em uma escala não estruturada de 9 cm, com extremos definidos.

As amostras foram avaliadas utilizando escalas não estruturadas de 9 cm (Figura 7) ancoradas nos extremos com termos definidos pela equipe.

Figura 7. Ficha de avaliação dos atributos com os extremos definidos.

Nome: _____	Data: ___/___/___
1. Você está recebendo uma amostra de açúcar mascavo. Por favor, olhe e avalie a intensidade percebida para o atributo APARÊNCIA, marcando com um traço vertical na escala correspondente.	
Cor marrom: amostra: _____	_____ claro _____ escuro
Homogeneidade da cor: amostra: _____	_____ pouco _____ muito
Aparência homogênea: amostra: _____	_____ pouco _____ muito
Aparência úmida: amostra: _____	_____ pouco _____ muito
2. Por favor, olhe e avalie a intensidade percebida para o atributo TEXTURA, marcando com um traço vertical na escala correspondente.	
Textura úmida: amostra: _____	_____ pouco _____ muito
Textura granulosa: amostra: _____	_____ pouco _____ muito
Comentários: _____	

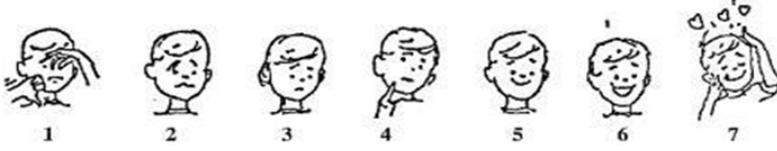
4.6.3 Teste de aceitação e intenção de compra

No teste de aceitação dos açúcares mascavos, avaliou-se a cor, textura e aceitação visual, considerando a cor e textura, utilizando escala hedônica de sete pontos variando de 1: “desgostei extremamente” a 7: “gostei extremamente”. Para o teste de intenção de compra, foi utilizada uma escala de cinco pontos variando de 1: “certamente não compraria” a 5: “certamente compraria”. Para ambos os testes foram utilizados 60 participantes consumidores de açúcar mascavo (Figura 8).

Figura 8. Ficha de avaliação do teste de aceitação e intenção de compra.

Idade: _____ Sexo: _____ Atividade: _____
 Qual a frequência de compra de açúcar mascavo? _____
 Cidade de origem: _____

Você está recebendo 4 açúcares mascavo, por favor, avalie a cor, textura e aceitação visual (cor e textura) e coloque sua nota para cada atributo.



1 2 3 4 5 6 7

Amostras	Cor	Textura	Aceitação visual (cor e textura)

Agora, por favor, responda qual sua intenção de compra.

Amostras	Intenção de compra

5. Certamente compraria
 4. Provavelmente compraria
 3. Tenho dúvida se compraria
 2. Provavelmente não compraria
 1. Certamente não compraria

4.7 Análise estatística

Os resultados das análises microbiológicas foram apresentados indicando se os valores obtidos estavam em conformidade ou não, de acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para açúcar cristal não refinado e açúcar mascavo. A resolução nº 12 é a última atualização que faz referência aos valores de coliformes em açúcares, sendo revogada em 2022.

Na análise descritiva quantitativa foi realizada a verificação de desempenho dos avaliadores através da análise de variância para os resultados de cada avaliador.

Na análise descritiva quantitativa, umidade, atividade de água, cor instrumental, aceitação e intenção de compra foi utilizado a análise de variância (ANOVA), esquema fatorial e as comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey considerando um nível de significância $p \leq 0,05$.

Pelo método de regressão não linear foi analisada a influência do armazenamento nos atributos sensoriais e físico-químicos. Através da Análise de Componentes Principais (ACP), os atributos da análise descritiva quantitativa (ADQ) foram relacionados. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do teor de umidade dos açúcares mascavo

Para os teores de umidade (Tabela 5), verificou-se que, em 365 dias de armazenamento, a amostra A não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$), mas as médias aumentaram de 1,69% para 1,77%. A amostra B, nos dias 0, 90, 180 e 270, não apresentou diferença ($p \geq 0,05$) entre si ao longo do tempo, enquanto no dia 365 diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tempos, com média de 2,19%. A amostra C apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si nos dias 180, 270 e 365, com médias de 1,97%, 2,09% e 2,31%, respectivamente. Não ocorreu diferença significativa do tempo 0 e 90 dias dos tempos 180 e 270 dias. A amostra D apresentou diferença significativa nos dias 90, 180 e 365, com maior média nos 90 dias, com 4,38%.

Os resultados obtidos entre os tratamentos nos dias 0, 90 e 180 mostraram que a amostra A apresentou menor média, variando entre 1,69% e 1,70%, enquanto os tratamentos B e C apresentaram valores intermediários e não apresentaram diferença ($p \geq 0,05$) entre si, e o tratamento D apresentou as maiores médias, 4,13%, 4,38% e 3,98% respectivamente, diferindo dos demais tratamentos. Nos dias 270 e 365, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre si, sendo que o tratamento A apresentou médias de 1,76% e 1,77%, e o D apresentou as maiores médias, de 4,06% e 4,22%.

No estudo de Asikin *et al.* (2014), avaliou-se o teor de umidade de açúcar mascavo armazenado por 0, 3, 6, 9 e 12 meses. Os açúcares foram mantidos em uma sala fechada, com temperatura ambiente e sem controle da umidade. Inicialmente, o açúcar apresentou 1,40% de umidade. Nos primeiros 3 meses, ocorreu um aumento, atingindo 1,50%. Aos 6 e 9 meses, houve uma queda no valor e, aos 12 meses, ocorreu novamente um aumento, atingindo 1,59% de umidade.

Apesar do aumento da umidade no período de armazenamento das amostras A, B e C com 1,77, 2,19 e 2,31% respectivamente, elas permaneceram no limite proposto por Verruma-Bernardi *et al.* (2007) de 2,4%

de umidade e valores de atividade de água abaixo de 0,60. Apresentando um bom resultado, sendo consideradas aptas para o consumo após 12 meses de armazenamento. A amostra D com 4,22% de umidade obteve a maior média, superando o valor indicado pelos autores e com valor de 0,63 de atividade de água, vale ressaltar que a amostra no início das análises já apresentava maior teor de umidade das demais. De acordo com o estudo, aos 0 e 365 dias a amostra não diferiu estatisticamente e se manteve estável.

Tabela 5. Resultados das médias seguida do desvio padrão do teor de umidade (%) dos açúcares armazenados por 365 dias

Teor de umidade										
Açúcares mascavo	Tempo (dias)									
	0		90		180		270		365	
A	1,69±0,09	cA	1,70±0,03	cA	1,70±0,03	cA	1,76±0,04	dA	1,77±0,02	dA
B	1,96±0,08	bBC	2,04±0,05	bB	1,86±0,05	bC	1,90±0,03	cC	2,19±0,02	cA
C	2,00±0,09	bBC	2,02±0,02	bBC	1,97±0,01	bC	2,09±0,06	bB	2,31±0,04	bA
D	4,13±0,02	aBC	4,38±0,08	aA	3,98±0,05	aD	4,06±0,06	aCD	4,22±0,02	aB

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13% de umidade inicial.

Em um estudo realizado por Verruma-Bernardi *et al.* (2007) com nove marcas de açúcar mascavo comercializadas em São Carlos-SP, foram encontrados valores de umidade que variaram de 1,35 a 4,44%. Os autores sugerem valores inferiores a 2,4%, devido à falta de especificações na legislação e à estabilidade do produto. Em outro estudo realizado por Generoso *et al.* (2009), que analisaram 31 amostras de açúcar mascavo comercializadas em seis estados brasileiros, foram encontrados teores de umidade variando de 2,13 a 6,02%. Os autores afirmaram que teores de umidade elevados reduzem a vida de prateleira do produto, devido a problemas como empedramento, dissolução de cristais, infecção por microrganismos e desdobramento de sacarose em glicose e frutose. Os valores mínimo e máximo encontrados pelos autores citados foram superiores aos encontrados no presente estudo, que apresentou uma média menor de 1,77% e uma média maior de 4,22%.

Em estudo realizado por Parazzi *et al.* (2009) com açúcar mascavo, açúcar refinado, açúcar cristal e demerara, foram realizadas análises do teor de

umidade de açúcares mascavo durante três anos. Os autores encontraram um teor de umidade de 3,66% no "mascavo A", 2,94% no açúcar mascavo B e uma média de 2,13% no açúcar mascavo C. De acordo com os autores, umidade elevada é capaz de favorecer o desenvolvimento de bolores e leveduras, prejudicando o período de armazenamento. As médias do açúcar mascavo B e do A ficaram próximas das médias das amostras B e C do presente estudo, com valores de 2,19 e 2,31%, respectivamente.

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2018), que avaliaram quinze marcas de açúcar mascavo, foram encontrados teores de umidade variando de 0,68 a 4,36%. Os maiores valores foram encontrados em duas amostras, com 4,36% e 3,24% de umidade. Em estudo, Hussain *et al.* (2008) utilizaram seis variedades de cana-de-açúcar para produção de açúcar mascavo, foram obtidos teores de umidade variando de 4,38 a 5,93%. Segundo os autores, teores de umidade mais elevados, acima de 6%, prejudicam a qualidade do produto e causam a deterioração durante o período de armazenamento. O presente estudo apresentou valores abaixo de 6%, variando entre 1,77 e 4,22%, e valores inferiores aos encontrados pelos autores citados.

Rós (2019), em estudo com onze amostras de açúcares mascavos, encontrou valores de umidade variando entre 0,80 e 3,24%. Por sua vez, Bettani *et al.* (2014) analisaram uma amostra de açúcar mascavo orgânico e encontraram um valor de umidade de 2,90%.

De acordo com Lopes e Borges (1998) a umidade relativa é capaz de afetar a umidade do açúcar quando está acima de 70%, abaixo desse valor o açúcar consegue secar naturalmente. Durante o período de armazenamento de 365 dias a média máxima da umidade relativa foi de 55,0%, indicando que o ganho de umidade das amostras está relacionado a embalagem.

Os açúcares foram envasados em embalagem semelhante às comercializadas no supermercado, com coloração predominante verde-escura e fosca, e espaço transparente para que o consumidor visualize o produto.

Desse modo, a embalagem dos açúcares pode ter influenciado no aumento da umidade. De acordo com Dias e Jurado (2002) a embalagem deve

proteger o produto da luz, barreira contra microrganismos, umidade e evitar perda da qualidade.

Os açúcares armazenados por 12 meses estão aptos para o consumo. Ressaltando que, para garantir que a amostra D esteja segura para o consumo é importante que análises microbiológicas sejam realizadas para averiguar a presença de microrganismos em níveis prejudiciais, visto que as condições de umidade e atividade propiciam o seu crescimento.

5.2 Atividade de água

Na Tabela 6, foram apresentados os resultados dos teores de atividade de água das quatro amostras de açúcar mascavo ao longo do período de armazenamento. Verificou-se que, aos 0 dias, a amostra A (1,69%) apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) em relação aos demais tempos de armazenamento. Aos 90 e 180 dias, não ocorreu diferença significativa entre os tempos, nem aos 270 e 365 dias. Durante o período de armazenamento, a amostra B (1,96%) não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os tempos de 0 e 90 dias, mas houve diferença significativa entre os tempos de 180 e 270 dias. A amostra C (2,00%) apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação a todos os tempos de armazenamento, exceto entre os tempos de 270 e 365 dias. A amostra D (4,13%) não apresentou diferença significativa em relação a si mesma nos tempos de 0 e 90 dias, mas apresentou diferença significativa em relação aos demais tempos.

Em relação aos teores de umidade e atividade de água durante o período de armazenamento de 365 dias, as amostras A, B e C permaneceram dentro dos limites sugeridos por Verruma-Bernardi *et al.* (2007), de 2,44% de umidade e 0,60 de atividade de água. Apenas a amostra D apresentou valores fora do limite, indicando um comprometimento da estabilidade do produto.

De acordo com Jesus (2010), em estudo com 10 amostras de açúcar mascavo, valores de atividade de água acima de 0,60 podem comprometer a estabilidade do produto, pois propiciam o crescimento de microrganismos no alimento. Portanto, é importante manter os teores de umidade e atividade de

água dentro dos limites recomendados para garantir a qualidade e segurança do produto.

De acordo com Guidi, Ferreira e Pereira (2009) para uma temperatura de 25°C a umidade do açúcar deve permanecer no máximo em 3,9%, pois nessas condições a atividade de água fica abaixo de 0,60, esse valor evita o desenvolvimento de microrganismos. No presente estudo apenas a amostra D apresentou umidade de 4,22% e atividade de água de 0,63 aos 365 dias, valores acima dos mencionados pelos autores. De maneira geral o açúcar é um produto estável, pois possui baixa atividade de água, o que reduz as chances de desenvolvimento de microrganismos (PARAZZI *et al.*, 2009).

Tabela 6. Resultados das médias e desvio padrão da atividade de água dos açúcares armazenados por 365 dias

Atividade de água										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	0,49±0,005	cC	0,50±0,001	bB	0,51±0,010	cB	0,54±0,004	bA	0,54±0,003	bA
B	0,50±0,000	bC	0,51±0,003	bC	0,52±0,001	bB	0,54±0,001	bA	0,54±0,002	bA
C	0,44±0,004	dD	0,50±0,002	bB	0,46±0,002	dC	0,52±0,001	cA	0,52±0,002	cA
D	0,57±0,001	aC	0,57±0,008	aC	0,59±0,010	aB	0,63±0,005	aA	0,63±0,004	aA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

Asikin *et al.* (2014) relataram que em 12 meses de armazenamento, a atividade de água e o teor de umidade aumentaram, mas não ultrapassaram o valor de referência de 0,60. No presente estudo, os teores de umidade das amostras B e C também aumentaram, assim como a atividade de água. As amostras A, B e C permaneceram dentro do limite permitido. Portanto, as amostras foram consideradas seguras e protegidas contra a deterioração microbiológica.

Durante o armazenamento de 365 dias, três tratamentos apresentaram valores dentro do limite estabelecido ($<0,60$), demonstrando que estão aptos

para o consumo e armazenamento por esse período de tempo. Apenas um tratamento com 0,63, ultrapassou os limites relatados por outros autores nos parâmetros de umidade e atividade de água. É importante ressaltar que análises microbiológicas para detecção de *Salmonella*, bactérias mesófilas, bolores e leveduras devem ser realizadas na amostra para confirmar a presença ou ausência de microrganismos no produto.

5.3 Análise de coliformes totais nos açúcares mascavo

A Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, estipula para o “açúcar cristal não refinado, açúcar mascavo e demerara, melado, melaço, rapadura e similares” o valor limite de 10^2 NMP/g para os grupos de coliformes de origem fecal e termotolerante, estudos com coliformes totais baseiam-se nessa resolução para análise dos resultados (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2001), pois a resolução vigente, de 2022, a RDC nº 723, de 01 de julho de 2022 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2022), não menciona valores limite para o açúcar.

Para os resultados de coliformes totais, em 365 dias de armazenamento (Tabela 7), verificou-se que na amostra A com 1,69% de umidade aos 0 e 180 dias apresentou 5 UFC/g de coliformes, o valor encontrado está dentro do limite permitido pela legislação. Aos 0 dias a amostra B com 1,96% de umidade apresentou 8,3 UFC/g reduzindo a colônia para 0 durante o período de armazenamento. A amostra C com 2,00% de umidade apresentou o número de colônias de 11,7 UFC/g aos 90 dias, 1,7 UFC/g aos 180 dias e aos 365 dias 8,7 UFC/g. A amostra D com 4,13% de umidade aos 180 dias apresentou 5 UFC/g. Apesar da presença de coliformes os valores estão nos limites estipulados pela RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, a amostra está apta para o consumo.

Generoso *et al.* (2009) verificaram ausência de coliformes em 31 amostras de açúcar mascavo. Jesus (2010) em estudo com 5 marcas de açúcar mascavo encontrou resultados inferiores a 0,3 NMP/g nas amostras. Ambos os estudos indicaram conformidade com a legislação.

Araújo *et al.* (2011) encontraram ausência de coliformes totais nas 10 amostras analisadas. Rós (2019) em estudo com 11 amostras de açúcar mascavo, seis produzidas em sistema orgânico e cinco em sistema convencional, assim como outros estudos apresentou ausência de coliformes a 45 °C.

A presença de coliformes indica contaminação, a falta de cuidado com a higienização da matéria-prima ou dos equipamentos utilizados na produção e refletem na qualidade do produto final (FRANCO; LANDGRAF, 2006).

Ao longo dos 365 dias de armazenamento todas as amostras apresentaram valores abaixo de 10^2 UFC/g e redução no número de colônias, estando em conformidade com a legislação e seguras para o consumo.

Tabela 7. Resultados das médias de coliformes totais (UFC/g) dos açúcares armazenados por 365 dias

Açúcares*	Tempo (dias)	Coliformes totais **(UFC/g)
A	0	5
A	90	0
A	180	5
A	270	0
A	365	0
B	0	8,3
B	90	0
B	180	0
B	270	0
B	365	0
C	0	0
C	90	11,7
C	180	1,7
C	270	0
C	365	8,7
D	0	0
D	90	0
D	180	5
D	270	0
D	365	0

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

*Dados obtidos em parceria com o estudo de Perez (2023).

5.4 Análise de cor instrumental

5.4.1 Luminosidade (L)

Para o parâmetro de luminosidade (L) (Tabela 8), verificou-se que, durante o período de armazenamento, a amostra A (1,69%) aos 0 dias não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) dos demais tempos aos 90 e 180 dias, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao tempo. A amostra B (1,96%) não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) durante os 365 dias. A amostra C (2,00%) não diferiu entre aos 0, 90 e 180 dias ($p \geq 0,05$), 270 dias

não diferiu de 365 dias. A amostra D (4,13%), durante o período de armazenamento, apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos dias 0, 90 em relação aos demais tempos. Os tempos 180 e 365 dias não diferiram de 0, 90 e 270 dias.

Os valores de L variam de 0 a 100, sendo que, quanto mais próximo o valor estiver de 0, mais escura é a amostra. No tempo 0, os tratamentos A, B e D diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), com valores de L igual a 44,02, 47,74 e 34,31 respectivamente. Aos 90 dias, os tratamentos C e D diferiram entre si ($p \leq 0,05$), enquanto que os tratamentos A, B e C não apresentaram diferença significativa. Aos 270 dias a menor média de L foi obtida para a amostra D, com $L=29,88$, considerada a mais escura, e a maior média foi obtida para a amostra B, com $L=47,37$, considerada a mais clara. Aos dias 180, 270 e 365, os tratamentos B, C e D diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$). O tratamento D apresentou as menores médias, variando entre 33,00, 29,35 e 33,34 respectivamente, e o tratamento B apresentou as maiores médias, variando entre 47,71, 47,37 e 47,64. Os tratamentos A e C não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) neste período.

Durán *et al.* (2012) avaliaram 19 amostras de açúcar mascavo, sendo que 11 amostras foram obtidas de produtores associados à ARPRAM (localizada na Zona da Mata mineira), 2 foram comercializadas pela ARPRAM e 6 eram marcas comerciais dos concorrentes. As análises ocorreram em duas fases: a primeira realizada com as amostras coletadas de janeiro a março e a segunda com amostras coletadas no mês de outubro. Na primeira fase, os valores de luminosidade (L) variaram entre 41,60 e 64,25, enquanto que, na segunda fase, os valores encontrados permaneceram entre 41,20 e 64,40. De acordo com os autores, os açúcares são heterogêneos. É importante que seja estabelecido o padrão de cor do açúcar para que os consumidores tenham melhor aceitação pelo produto.

Em estudo com onze amostras de açúcar mascavo com origem de sistema de cultivo convencional (MC) ou orgânico (MO), Rós (2019) encontrou valores para os açúcares MC variando entre 49,26 e 61,72 e para os açúcares MO valores entre 44,05 e 57,81. Silva *et al.* (2018) em estudo com quinze

amostras de açúcar mascavo encontrou valores variando entre 45,0 e 67,4. Os valores encontrados nos estudos demonstraram a heterogeneidade dos açúcares.

Verruma-Bernardi *et al.* (2007) analisaram nove amostras de açúcar mascavo codificadas de A a I. Verificaram valores de luminosidade variando entre 24,55 e 54,35. As amostras C (38,45), F (31,72), I (46,90) e H (40,13) apresentaram valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

O melaço que não foi retirado do açúcar permanece nos cristais e confere ao produto cor marrom (PAYET; SING; SMADJA, 2005). De acordo com Asikin *et al.* (2014) durante o período de armazenamento do açúcar mascavo é possível que haja escurecimento devido às reações não enzimáticas, como a Reação de *Maillard*, o que pode influenciar a cor, textura, sabor, valor nutricional e aroma (MARTINS; JONGEN; Van BOEKEL, 2001).

De acordo com Lopes e Borges (2004), os açúcares redutores podem estar presentes na cana verde, apresentando valores superiores a 1%, ou podem ser obtidos no processo de fabricação por meio da inversão da sacarose. Para evitar altos teores de açúcares redutores, a cana deve estar madura, fresca e receber a aplicação de cal. Segundo os autores, altos teores de açúcares redutores dificultam o ponto de cozimento, prejudicando a cristalização da sacarose e conferindo ao produto uma aparência úmida, com tendência a melar ou empedrar.

No presente trabalho, durante o período de armazenamento, as médias da amostra C sofreram redução apresentando-se mais escura. A cor é um atributo importante para escolha do produto pelo consumidor. De acordo com o teste de aceitação no atributo cor os consumidores tiveram maior aceitação pelas amostras D (4,13%) e C (2,00%), estas que apresentaram valores de luminosidade menores sendo consideradas as mais escuras. A amostra C no período de armazenamento reduziu sua média de $L=46,4$ para $L=38,71$ enquanto a nota de aceitação subiu de 5,3 para 6,2. Percebe-se que os consumidores têm preferência pelos açúcares mais escuros. A redução da luminosidade contribuiu com o aumento das médias de aceitação das amostras A e B.

Tabela 8. Resultados das médias e desvio padrão de Luminosidade (L) dos açúcares armazenados por 365 dias

Luminosidade (L)		Tempo (dias)									
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365		
A	44,02±1,23	bAB	47,00±0,89	abA	42,03±2,02	bB	42,40±0,08	bB	40,98±0,13	bB	
B	47,74±1,34	aA	50,29±1,35	abA	47,71±6,35	aA	47,37±0,08	aA	47,64±0,11	aA	
C	46,04±0,40	abA	46,39±0,88	bA	43,19±0,52	bAB	41,45±0,29	bBC	38,71±0,12	bC	
D	34,31±0,30	cA	29,88±3,15	cB	33,00±0,63	cAB	29,35±0,58	cB	31,94±0,05	cAB	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.5.2 Parâmetro a^*

Para o parâmetro a^* (Tabela 9), verificou-se que a amostra A (1,69%) em 365 dias apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) nos tempos, 0, 90, 270 e 365 dias. Aos 90 e 180 dias não apresentou diferença entre si ($p \geq 0,05$). A amostra B (1,96%) diferiu ($p \leq 0,05$) aos 0, 90 e 270 dias, aos 90 e 180 dias não ocorreu diferença no tempo e 270 e 365 dias não diferiram entre si. A amostra C (2,00%) diferiu ($p \leq 0,05$) aos 0, 90 e 270 dias. A amostra D (4,13%) diferiu estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) aos 0, 90 e 270 dias, 0 e 180 dias não diferiram entre si e 270 e 365 não diferiram entre si.

Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$) aos 0, 180 e 365 dias. O tratamento A apresentou as menores médias variando entre 4,01 e 7,75, o tratamento B médias entre 5,00 e 8,68 aos 365 dias, o tratamento C com médias variando entre 6,96 e 11,26 e o tratamento D com as maiores médias para o parâmetro a^* variando entre 9,64 e 11,95 no período de armazenamento. Aos 90 dias os tratamentos A e B não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$), com médias de 5,46 e 6,00 respectivamente, os tratamentos C e D diferiram entre si e dos demais tratamentos com as maiores médias de 7,85 e 8,70. Aos 270 dias os

tratamentos C e D não diferiram entre si ($p \geq 0,05$) e receberam as maiores médias 11,17 e 11,41, os tratamentos A e B diferiram entre si e os demais tratamento, tendo A média de 7,11.

Os valores do parâmetro a^* podem variar entre $-a^*$ (negativo) e $+a^*$ (positivo). Os valores encontrados no estudo foram positivos ($+a^*$), o que sugere cores mais próximas a cor vermelha. Silva (2017) analisando quinze amostras de açúcares mascavo encontrou valores para a^* abaixo de 10,00 variando de 3,2 a 9,4. Em estudo com duas amostras de açúcar mascavo Takahashi *et al.* (2016) encontraram valores de a^* de 4,56 e 8,29. Verruma-Bernardi *et al.* (2007), avaliando nove amostras de açúcar mascavo, verificaram valores entre 6,01 e 9,63. Rós (2019) avaliando onze amostras de açúcar mascavo, cinco com origem de sistema de cultivo convencional (MC) e seis orgânico (MO) encontrou valores menores para o parâmetro a^* variando entre 1,51 e 5,50. De acordo com o autor as amostras com intensidade mais avermelhada foram a MO3 com 5,50 e a MO6 com menor intensidade. Duas amostras do presente estudo foram maiores que as encontradas nos estudos citados anteriormente.

De acordo com Silva (2017) valores inferiores a 10 sugerem uma coloração mais próxima ao marrom, resultado, segundo o autor, esperado devido às características de cor do açúcar mascavo. O armazenamento por 365 dias aumentou a intensidade da cor vermelha de todas as amostras, associando os resultados com os valores de luminosidade percebe-se que os valores de a^* aumentaram e os de luminosidade diminuíram.

Tabela 9. Resultados das médias seguida do desvio padrão de a^* dos açúcares armazenados por 365 dias

Parâmetro a^*										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	4,01±0,08	dD	5,46±0,44	cC	4,92±0,52	dC	7,11±0,01	cB	7,75±0,10	dA
B	5,00±0,28	cC	6,00±0,46	cB	5,88±0,35	cB	8,96±0,03	bA	8,68±0,04	cA
C	6,96±0,08	bC	7,85±0,18	bB	8,07±0,20	bB	11,17±0,04	aA	11,26±0,04	bA
D	9,64±0,47	aB	8,70±0,87	aC	9,96±0,15	aB	11,41±0,06	aA	11,95±0,16	aA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.5.3 Parâmetro b^*

Para o parâmetro b^* (Tabela 10), verificou-se que a amostra C (2,00%) não diferiu ($p \geq 0,05$) no período de armazenamento. A amostra A (1,69%) diferiu ($p \leq 0,05$) entre 0, 90, 180 e 270 dias. A amostra B (1,96%) aos 90 e 270 dias não diferiu de 365 dias. A amostra D (4,13%) diferiu entre si ($p \leq 0,05$) aos 0, 90, 180 e 270 dias.

De acordo com Silva (2017) os valores positivos de b^* indicam cor amarelada, a intensidade da coloração amarela é maior quando apresentam maiores valores.

Entre os tratamentos, aos 0 dias o tratamento A diferiu estatisticamente das amostras B, C e D. O tratamento D não apresentou diferença entre os tratamentos B e C. Observa-se que aos 90 dias o tratamento D com 20,09 apresentou menor média diferindo das demais, o tratamento B não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos A e C. Em 180 dias os tratamentos A e D não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), recebendo os valores de 20,80 e 22,04 respectivamente, o tratamento C apresentou a maior média, diferindo das amostras A, B e D. Aos 270 dias os tratamentos B e C não diferiram entre si, o tratamento D apresentou menor média com 17,78

considerado com coloração amarela em menor intensidade. Aos 365 dias os tratamentos A e D não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$), os tratamentos B e C com 25,98 e 26,24 não apresentaram diferença significativa entre si, avaliados com maior intensidade da cor amarela.

Guerra e Mujica (2010) avaliaram três amostras de açúcar mascavo (Experimental, A e B) e obtiveram médias para o parâmetro b^* de 14,32, 15,68 e 15,59 respectivamente. Faria (2012) em estudo com diferentes tipos de açúcares verificou o maior valor para a amostra de açúcar mascavo de 21,1. Rós (2019) estudando onze amostras de açúcar mascavo encontrou valores variando entre 23,10 e 33,18. Os maiores valores representam maior intensidade da cor amarela e os menores cor amarela menos intensa.

Silva *et al.* (2018) em estudo com quinze amostras de açúcar mascavo, codificadas de 1 a 15, encontrou valores para o parâmetro b^* variando entre 21,0 e 34,7. As amostras 15 com valor de 22,6, a amostra 6 com 25,1 e a amostra 8 com 26,0 apresentaram valores próximos aos encontrados no presente trabalho.

Durante o período de armazenamento, verificou-se que as médias das amostras A e B aumentaram, enquanto as amostras B e C apresentaram coloração mais amarelada. De acordo com Oliveira (2014), a cor pode ser formada por pigmentos presentes no caldo da cana, como clorofila, carotenos, melanoidinas, antocianinas e compostos fenólicos. Os compostos fenólicos podem apresentar uma coloração amarelo claro a laranja.

Tabela 10. Resultados das médias seguida do desvio padrão de atributo b^* dos açúcares armazenados por 365 dias

Parâmetro b^*										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	18,28±0,58	cD	23,96±0,95	bA	20,80±1,41	cC	21,59±0,006	bBC	22,76±0,40	bAB
B	23,07±0,63	bC	25,22±0,66	abAB	23,98±1,93	bBC	25,23±0,11	aAB	25,98±0,05	aA
C	25,35±0,28	aA	26,47±0,68	aA	26,30±0,24	aA	25,69±0,35	aA	26,24±0,12	aA
D	24,51±0,97	abA	20,09±2,12	cC	22,04±0,61	cB	17,78±0,22	cD	22,43±0,15	bB

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.5.4 Croma (C)

Para o parâmetro croma (C) (Tabela 11), verificou-se que a amostra A (1,69%) diferiu aos 0, 90, 180 e 270 dias. A amostra B (1,96%), aos 0 e 365 dias, apresentou diferença entre si ($p \leq 0,05$), enquanto aos 90, 180 e 270 dias não diferiu ($p \geq 0,05$) dos demais tempos. A amostra C (2,00%), aos 0 e 270 dias apresentou diferença entre si, e aos 270 e 365 dias não diferiu entre si ($p \geq 0,05$); aos 90 e 180 dias, não apresentou diferença dos demais tempos. A amostra D (4,13%) não diferiu aos 90 e 270 dias entre si ($p \geq 0,05$); aos 0, 180 e 365 dias, não apresentou diferença entre si. O parâmetro croma está relacionado à intensidade da cor (SILVA, 2015).

Entre os tratamentos, verificou-se que, no tempo 0, o tratamento A com 18,69 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos demais, e os tratamentos B, C e D não diferiram entre si. Aos 90 dias, o tratamento com menor média, diferindo das demais, foi o D com 20,38. Verificou-se que, aos 180 dias, o tratamento A apresentou a menor média. Os tratamentos C (27,40) e D (24,76) diferiram entre si ($p \leq 0,05$), e a amostra B não se diferenciou das amostras C e D. Aos 270 e 365 dias, os tratamentos A e D não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), e os tratamentos B e C apresentaram os maiores valores.

Em um estudo com quinze amostras de açúcar mascavo, Silva (2017) verificou valores de croma variando entre 21,4 e 36,0. As amostras codificadas 1 e 5, com valores de 25,5 e 23,9, respectivamente, apresentaram valores próximos aos encontrados neste trabalho. Ao longo dos 365 dias de armazenamento, os valores de croma (C) das amostras A, B e C apresentaram aumento.

Relacionando os parâmetros b^* e C (croma), percebe-se que ao longo do tempo, quando os valores de b^* aumentam, os valores de croma também aumentam, e o mesmo ocorre quando os valores diminuem. Além disso, os valores mais altos de croma representam cores mais intensas. Ao analisar a amostra C (2,00%) com média de 26,24 no parâmetro b^* , observou-se que a cor amarela era mais intensa, com um valor de croma de 28,55, o maior entre as demais amostras.

Tabela 11. Resultados das médias e desvio padrão de Croma dos açúcares armazenados por 365 dias

Croma (C)										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	18,69±0,87	bD	24,90±0,66	bA	21,87±0,85	cC	22,72±0,006	bBC	24,05±0,41	bAB
B	24,74±0,18	aB	25,39±0,62	abAB	26,44±0,38	abAB	26,77±0,10	aAB	27,39±0,06	aA
C	25,61±1,27	aB	27,15±0,77	aAB	27,40±0,60	aAB	28,01±0,33	aA	28,55±0,10	aA
D	25,42±0,60	aA	20,38±3,41	cB	24,76±0,49	bA	21,13±0,21	bB	25,41±0,21	bA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.5.5 Parâmetro *hue*

Para o parâmetro *hue* (Tabela 12), verificou-se que as amostras B e D diferiram ($p \leq 0,05$) em todas as análises durante o período de armazenamento.

A amostra A (1,69%) diferiu em 0, 90, 270 e 365 dias. A amostra C apresentou diferença ($p \leq 0,05$) entre si aos 0, 90, 180 e 270 dias.

O ângulo *hue* é o ângulo de tonalidade (McGUIRE, 1992). De acordo com Moita (2004), a tonalidade é responsável por diferenciar uma cor da outra e é composta por cinco cores primárias e cinco intermediárias. No grupo das cores primárias, encontram-se o azul, vermelho, verde, amarelo e púrpura, enquanto no grupo das cores intermediárias, encontram-se o amarelo-vermelho, verde-amarelo, azul-verde, púrpura-azul e vermelho-púrpura.

Entre os tratamentos, aos 0 e 90 dias, A e B não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), o tratamento D apresentou diferença dos tratamentos A, B e C. Aos 180, 270 e 365 dias, todos os tratamentos diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). O tratamento A, aos 365 dias apresentou maior média com 71,20 e D a menor com 61,95. No período de armazenamento, todas as amostras apresentaram diminuição nos valores das médias.

Em estudo com quinze amostras de açúcar mascavo, Silva (2017) verificou valores do ângulo *hue* variando entre 74,8 e 82,7. Os valores encontrados pelo autor ficaram acima dos encontrados neste estudo. Durante o período de armazenamento, todas as amostras apresentaram redução na tonalidade.

Tabela 12. Resultados das médias seguida do desvio padrão de *hue* dos açúcares armazenados por 365 dias

<i>hue</i> (h°)										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	77,92±0,60	aA	77,32±0,39	aB	77,38±0,22	aB	71,78±0,02	aC	71,20±0,10	aD
B	77,75±0,18	aA	77,02±0,30	aB	76,28±0,06	bC	70,44±0,13	bE	71,52±0,05	bD
C	74,66±0,07	bA	73,73±0,16	bB	72,86±0,14	cC	66,50±0,23	cD	66,77±0,14	cD
D	69,79±0,22	cA	66,56±0,39	cB	65,36±0,17	dC	57,31±0,19	dD	61,95±0,16	dE

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.6 Análise sensorial descritiva dos açúcares mascavo

Os atributos sensoriais que descreveram o açúcar mascavo quanto à aparência foram: cor marrom (clara/escuro), homogeneidade da cor (pouco/muito), aparência homogênea (pouco/muito) e aparência úmida (pouco/muito), textura: úmida (pouco/muito) e granulosa (pouco/muito) (Tabela 13).

Tabela 13. Lista de atributos, definição e referência do açúcar mascavo

Atributos	Definição	Referência
Aparência		
Cor marrom	Refere-se à tonalidade da cor marrom	Marrom claro: areia
		Marrom escuro: pó de café
Homogeneidade da cor	Refere-se à presença de partículas de cores diversas	Pouco: vários tons de marrom, cores diferentes
		Muito: uma cor
Aparência homogênea	Refere-se à presença e tamanho de grãos	Pouco: sopa tipo Sopão
		Muito: pó de café
Aparência úmida	Refere-se à presença de umidade no açúcar	Pouco: açúcar refinado
		Muito: areia molhada
Textura		
Úmida	Refere-se à presença de umidade no açúcar	Pouco: achocolatado em pó
		Muito: areia molhada
Granulosa	Refere-se à presença de grãos	Pouco: açúcar refinado
		Muito: café instantâneo, tapioca granulada

5.6.1 Parâmetros sensoriais de aparência

Para o atributo cor (Tabela 14), verificou-se, que as amostras A (1,69%), B (1,96%), C (2,00%) e D (4,13%) aos 365 dias apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) de 0, 90 e 180 dias. No período de 0, 90 e 180 dias não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$). Aos 270 dias não diferiram dos demais tempos.

O tratamento A (1,69%) e C (2,00%) não diferiram entre si aos 0 dias, apresentando médias de 3,4 e 3,7 respectivamente. O tratamento B (1,96%) com média de 1,0 é o tratamento mais claro entre os demais e o D o mais escuro com 8,3. Aos 90 dias os tratamentos A (2,9) e C (3,5) não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), o tratamento D foi o considerado mais escuro e o B com 0,9 o mais claro.

Aos 180 dias verificou-se novamente que os tratamentos A e C não diferiram entre si, apresentando médias de 3,1 e 4,1 respectivamente, os tratamentos B (0,9) e o D (8,4) foram considerados o mais claro e mais escuro. Aos 270 e 365 dias todos os tratamentos apresentaram diferença significativa entre si. Aos 365 dias a média do tratamento D diminuiu de 8,3 para 8,1, mas continuou sendo o tratamento com cor mais escura, o tratamento B apresentou aumento na média de 1,0 para 1,8, mesmo com o aumento continuou sendo o tratamento com coloração mais clara.

Tabela 14. Resultados das médias e desvio padrão do atributo cor dos açúcares armazenados por 365 dias

Cor		Tempo (dias)									
Açúcares mascavo		0	90		180		270		365		
A		3,4±1,44	bB	2,9±0,76	bB	3,1±1,25	bB	3,3±0,99	cAB	3,7±1,34	cA
B		1,0±0,66	cB	0,9±0,36	cB	0,9±0,67	cB	1,4±1,11	dAB	1,8±1,61	dA
C		3,7±1,33	bB	3,5±1,51	bB	4,1±0,88	bB	5,4±1,34	bAB	5,6±1,19	bA
D		8,3±0,51	aB	8,3±0,43	aB	8,4±0,91	aB	8,2±0,69	aAB	8,1±1,17	aA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

De acordo com Lopes e Borges (1998), a temperatura no momento do cozimento, a variedade da matéria-prima, material dos equipamentos e a exposição à luz podem influenciar na cor do açúcar. A fabricação do açúcar mascavo, forma melanoidinas, responsáveis pela coloração mais escura dos alimentos. Isso ocorre devido às reações não-enzimáticas como a caramelização e a reação de *Maillard* (KORT, 1978). A cor é uma das características mais visíveis e influencia a escolha do consumidor (LOPES; BORGES, 1998).

Em estudo realizado por Verruma-Bernardi *et al.* (2010) com 29 amostras de açúcar mascavo o atributo cor foi avaliado no intervalo de “marrom claro” e “marrom escuro”, a amostra 1 foi considerada a mais clara com 0,4 na escala e a 16 a mais escura com 8,2. As amostras mais próximas ao marrom escuro totalizaram 51,8% com valores acima de 4,5 na escala, 8 amostras apresentaram valores abaixo de 4,0 sendo consideradas mais claras. Faria, Spoto e Verruma-Bernardi (2013) estudaram 8 amostras de diferentes açúcares sendo dois açúcares cristal orgânico, açúcar cristal convencional, três açúcares demerara orgânicos, açúcar mascavo e açúcar refinado. No atributo cor foi avaliado o intervalo entre “branco” e “marrom”, o açúcar mascavo obteve a coloração mais escura dentre os açúcares estudados com média de 8,4 na escala.

Verificou-se que durante o armazenamento as médias das amostras com 1,69 (A), 1,96% (B) e 2,00% (C) de umidade aumentaram e a amostra com 4,13% (D) de umidade obteve uma pequena redução. Mesmo com as alterações da cor no período, os valores encontrados foram próximos ao de outros estudos, mostrando que o açúcar armazenado por 365 dias no atributo cor está mantendo-se estável.

Para o atributo homogeneidade da cor (Tabela 15), verificou-se que, aos 0 dias, a amostra A (1,69%) apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre 180 e 365 dias. Aos 270 dias, não diferiu ($p \geq 0,05$) dos demais tempos. As amostras B e C não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) durante o período de armazenamento. A amostra D diferiu aos 0 e 270 dias. Não ocorreu diferença significativa aos 90, 180 e 365 dias em relação aos demais tempos.

Os tratamentos B, C e D aos 0, 90, 180 e 365 dias não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$). O tratamento A, com médias variando entre 2,3 e 4,7, diferiu estatisticamente dos demais, sendo considerado o menos homogêneo na cor. Aos 270 dias, os tratamentos B e D apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$), com 8,0 e 6,7. O tratamento C não difere dos tratamentos B e D.

As reações não-enzimáticas são mais lentas quando a atividade de água é menor que 0,60. É importante escolher uma embalagem adequada, pois ela é capaz de reduzir a absorção de umidade, evitando problemas com esse tipo de deterioração (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002). A embalagem utilizada foi a comercial, de polietileno, encontrada no mercado. Além disso, a cor dos alimentos também pode ser afetada pelos aminoácidos e polifenóis presentes em sua composição (LOPES; GABRIEL, 2011).

O produto deve ser armazenado em ambientes com umidade inferior a 60%, pois umidade alta, açúcar redutor e impurezas resultam em dissolução da sacarose (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Associando os resultados do teste de aceitação para o atributo cor e da análise descritiva quantitativa no atributo homogeneidade da cor a amostra A (1,69%) foi a menos aceita pelos consumidores e o menos homogêneo dentre os tratamentos.

Verificou-se que durante 365 dias, a amostra com 1,69% foi a única considerada menos homogênea, as demais amostras mantiveram a homogeneidade da cor mostrando que no período de armazenamento o atributo se manteve estável, apresentando bom resultado.

Tabela 15. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo homogeneidade da cor dos açúcares armazenados por 365 dias

Homogeneidade da cor										
		Tempo (dias)								
Açúcares mascavo	0	90	180	270	365					
A	2,3±1,76	bC	3,0±1,77	bBC	4,7±2,62	bA	3,8±2,02	cABC	3,9±2,12	bAB
B	8,6±0,40	aA	8,3±0,47	aA	8,3±1,14	aA	8,0±1,20	aA	8,4±0,69	aA
C	8,2±0,38	aA	7,9±0,82	aA	7,8±1,17	aA	7,6±1,54	abA	7,9±1,14	aA
D	8,5±0,38	aA	7,9±0,86	aAB	7,2±1,81	aAB	6,7±1,31	bB	7,4±1,19	aAB

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey com 5% de nível de significância.

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

A aparência pouco homogênea é aquela com grãos de tamanhos variados, misturando grãos menores (menos visíveis) e grãos maiores. Uma amostra muito homogênea seria aquela com predominância de um determinado tamanho de grãos.

Em relação ao atributo aparência homogênea (Tabela 16), verificou-se que as amostras não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) ao longo do tempo.

Observou-se que o tratamento A apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) dos tratamentos B, C e D aos 0, 90, 180 e 270 dias, com médias variando entre 1,8 e 3,1, sendo considerado o menos homogêneo. Nota-se que, ao longo do tempo, as médias da amostra aumentaram. Os tratamentos B, C e D não apresentaram diferença em 0, 90, 180 e 270 dias. Aos 365 dias, o tratamento A com 3,9 não diferiu do tratamento D com 5,7. Os tratamentos B e C, com médias de 6,9 e 7,0, respectivamente, não diferiram entre si ($p \geq 0,05$).

Tabela 16. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo aparência homogênea dos açúcares armazenados por 365 dias

Aparência homogênea											
Tempo (dias)											
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365		
A	1,8±1,54	bA	2,7±1,93	bA	2,9±2,17	bA	3,1±2,31	bA	3,9±2,99	bA	
B	6,7±1,57	aA	6,8±1,17	aA	6,4±1,55	aA	6,2±1,58	aA	6,9±1,52	aA	
C	6,6±1,62	aA	7,3±1,94	aA	7,2±1,21	aA	6,8±1,15	aA	7,0±1,52	aA	
D	5,8±2,29	aA	5,2±2,40	aA	5,5±2,15	aA	6,2±1,32	aA	5,7±2,36	abA	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

De acordo com Verruma-Bernardi *et al.* (2007), as partículas com coloração diferente podem ser encontradas no açúcar mascavo devido à presença de impurezas grosseiras que não foram retiradas no processo de fabricação. Nesse estudo com 9 açúcares os autores obtiveram duas amostras com médias de 7,1 e 6,8 que apresentaram aparência uniforme maior, quatro apresentaram pouca uniformidade variando entre 2,5 e 3,6 e três apresentaram uniformidade intermediária com intervalo entre 4,8 e 5,6. Verruma-Bernardi *et al.* (2010) relataram que cinco amostras ficaram com médias abaixo de 4,0 apresentando menor homogeneidade e 83% dos açúcares acima de 4,5 sendo consideradas mais homogêneas.

Durante o armazenamento dos açúcares, o atributo aparência homogênea não apresentou mudanças significativas ($p \geq 0,05$), o que é um resultado positivo. Ao relacionar os resultados desse atributo com o teste de aceitação visual da cor e textura, observou-se que a amostra A, que apresentou menores notas em ambos os testes, apresentou um aumento em sua homogeneidade de 1,8 para 3,9 e em sua aceitação de 2,5 para 4,5 ao longo do tempo. Os demais açúcares mantiveram médias estáveis nesses atributos

No atributo de aparência úmida (Tabela 17), verificou-se que, durante o período de armazenamento de 365 dias, as amostras não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$).

No entanto, é importante destacar as diferenças observadas em alguns momentos específicos do armazenamento. Inicialmente, o tratamento A apresentou média de 0,8, indicando uma aparência menos úmida do que os tratamentos B e C. O tratamento D, com média de 5,0, não diferiu estatisticamente ($p \geq 0,05$) dos tratamentos B (6,2) e C (3,4). Aos 90 dias, os tratamentos C e D com médias de 3,2 e 3,0, respectivamente, não apresentaram diferença significativa entre si. Por outro lado, o tratamento B com média de 6,3 foi considerado o mais úmido, enquanto o tratamento A com média de 0,9 foi o menos úmido. Aos 180 dias, os tratamentos A, C e D não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$). Já aos 270 dias, o tratamento C com média de 4,3 não diferiu dos tratamentos A (2,3), B com média de 6,5 e D com média de 2,9. Aos 365 dias, o tratamento D não diferiu ($p \geq 0,05$) do tratamento A com média de 2,3. O tratamento B com média de 6,7 não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento C com média de 4,9, sendo ambos considerados mais úmidos.

Tabela 17. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo aparência úmida dos açúcares armazenados por 365 dias

Aparência úmida										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	0,8±0,33	cA	0,9±0,51	cA	2,3±1,30	bA	2,3±1,48	bA	2,3±1,43	cA
B	6,2±1,91	aA	6,3±2,24	aA	6,8±1,79	aA	6,5±1,84	aA	6,7±2,22	aA
C	3,4±1,90	bA	3,2±1,53	bA	3,8±1,62	bA	4,3±1,83	abA	4,9±2,11	abA
D	5,0±2,13	abA	3,0±1,86	bA	2,6±2,17	bA	2,9±2,04	bA	3,7±2,06	bcA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

De acordo com Sarantópoulos, Oliveira e Canavesi (2002), diversos fatores podem influenciar a sorção do açúcar, incluindo a granulometria, a presença de açúcares redutores e a temperatura. Isso ocorre porque cristais de menor tamanho têm maior capacidade de interagir com a água, enquanto uma maior superfície do cristal significa uma maior área disponível para a adsorção da água.

Em um estudo com 8 tipos diferentes de açúcares, Faria, Spoto e Verruma-Bernardi (2013) obtiveram a maior média (7,0) no atributo aparência úmida na amostra de açúcar mascavo. Em outro estudo com 29 amostras, Verruma-Bernardi et al. (2010) encontraram médias entre 7,4 e 1,3, com 53% dos açúcares com baixa umidade abaixo de 4,5 na escala. Em um estudo com 9 amostras de açúcar mascavo, Verruma-Bernardi *et al.* (2007) relataram que 4 amostras com intervalo entre 2,8 e 3,5 apresentaram as menores médias, sendo consideradas as menos úmidas, enquanto 5 amostras com intervalo entre 4,3 e 5,5 obtiveram resultados intermediários no atributo aparência úmida.

Relacionando os atributos de aparência úmida e homogênea, percebe-se que a amostra A foi considerada a menos úmida e a menos homogênea, com 2,3 e 3,9 na escala, respectivamente. As amostras consideradas mais úmidas aos 365 dias foram a B com 6,7 e C com 4,9, que também foram consideradas as mais homogêneas. No que se refere ao atributo de aceitação visual da cor e textura, o açúcar C foi o mais aceito.

Durante o período de armazenamento de 365 dias, as amostras não apresentaram diferença significativa no atributo aparência úmida, mostrando que o armazenamento manteve o atributo estável.

5.6.2 Parâmetros sensoriais de textura

No atributo textura úmida (Tabela 18), verificou-se que as amostras A, B e C não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) no período de armazenamento de 365 dias. A amostra D aos 90 e 365 dias não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) em relação aos demais tempos.

Os tratamentos A, B e C aos 0 dias diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) com 0,7, 6,7 e 3,9, respectivamente. O tratamento D com média de 5,3 não apresentou diferença significativa dos tratamentos B e C. Aos 90 dias, o tratamento A com 0,80 foi considerado com textura menos úmida, diferindo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos B, C e D. Aos 180 dias, os tratamentos A, C e D com médias de 2,6, 3,3 e 2,4, respectivamente, não diferiram entre si. O tratamento B com 6,3 apresentou textura mais úmida. Aos 270 dias, o tratamento B apresentou média de 6,3, seguido dos tratamentos C, D e A com 5,1, 2,8 e 2,4, respectivamente. Aos 365 dias, os tratamentos A e D não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$) sendo considerados os menos úmidos. O tratamento C com média de 4,9 não se diferenciou dos demais tratamentos.

Percebe-se que os atributos textura úmida e aparência úmida tiveram resultados semelhantes. Os açúcares B e C apresentaram os maiores resultados em ambos os testes. O açúcar D apresentou uma redução na escala de 5,3 para 3,9, valores próximos aos obtidos na aparência úmida, que foram de 5,0 para 3,7. Durante o período de armazenamento de 365 dias, mesmo com pequenas mudanças na amostra D, o atributo textura úmida permaneceu estável.

Tabela 18. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo textura úmida dos açúcares armazenados por 365 dias

Textura úmida										
Açúcares mascavo	Tempo (dias)									
	0		90		180		270		365	
A	0,7±0,35	cA	0,8±0,37	cA	2,6±1,11	bA	2,4±1,63	cA	2,5±2,02	bA
B	6,7±1,63	aA	6,0±2,05	aA	6,3±2,28	aA	6,3±2,26	aA	6,8±2,12	aA
C	3,9±2,11	bA	3,5±1,48	bA	3,3±1,46	bA	5,1±1,88	abA	4,9±2,06	abA
D	5,3±2,07	abA	3,3±1,72	bAB	2,4±2,02	bB	2,8±2,11	bcB	3,9±2,58	bAB

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

A textura granulosa se refere à presença e quantidade de grãos na amostra, sendo que quanto mais grãos presentes, mais granulosa é a amostra.

No atributo textura granulosa (Tabela 19), verificou-se que as amostras A, B, C e D não apresentaram diferença ($p \geq 0,05$) ao longo de 365 dias. Os tratamentos B e C não diferiram entre si aos 0 dias, sendo que o tratamento A com 8,5 foi considerado o mais granuloso e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Aos 90, 180, 270 e 365 dias, os tratamentos A com média variando entre 7,5 e 7,6 e D variando entre 5,6 e 6,9 não apresentaram diferença entre si. Os tratamentos B variando entre 1,7 e 2,6 e C variando entre 1,8 e 3,2 não diferiram entre si e foram considerados os tratamentos menos granulosos. Durante o período de armazenamento, as médias do tratamento D aumentaram de 5,4 para 6,9 aos 365 dias, apresentando textura mais granulosa.

Em um estudo, Verruma-Bernardi *et al.* (2007) avaliaram nove amostras de açúcar mascavo, codificadas de A a I, e encontraram valores para o atributo textura arenosa variando entre 3,5 e 5,6. As amostras D (5,1), E (5,3), F (5,6), G (5,1) e I (5,5) apresentaram intensidade intermediária, enquanto as amostras A (4,0), B (3,8), C (3,6) e H (3,5) permaneceram mais próximas do extremo “pouco”, apresentando textura pouco arenosa. No presente trabalho, a amostra C obteve um valor de 3,1, próximo ao encontrado pelos autores. As amostras B e C ficaram mais próximas da extremidade “pouco” granulosa, enquanto as amostras A e D ficaram mais próximas do extremo “muito” granulosa.

A umidade (perda ou ganho) afeta o açúcar de maneira significativa podendo ocasionar empedramento e dissolução da sacarose. Segundo Lopes e Gabriel (2011) é denominado aglomeramento quando os torrões recebem uma pressão manual ou é exposto a uma elevada umidade relativa e se desfazem com facilidade. Denomina-se empedramento quando o processo é de difícil reversão.

Durante o período de armazenamento, as amostras não apresentaram diferença significativa no atributo textura granulosa, o que indica que as condições de armazenamento e os demais fatores não estão influenciando o atributo, apesar da diminuição nas médias das amostras A e B e aumento nas

amostras C e D. Vale ressaltar que o empedramento e o aglomeramento podem ocorrer em açúcares de diferentes teores de umidade ou temperatura estocados, mesmo estando no mesmo local, devido à temperatura e umidade (LOPES; GABRIEL, 2011).

Nota-se que a amostra A obteve a maior pontuação (7,6) na escala de textura granulosa, sendo considerada a mais granulosa, enquanto a amostra C, com média de 3,1, foi a menos granulosa, juntamente com a amostra B. No entanto, no teste de aceitação visual, a amostra A obteve nota de 4,5, sendo uma das menos aceitas pelos consumidores, enquanto o açúcar C, o menos granuloso, juntamente com o B, foi o mais aceito pelos consumidores, com média de 6,4. As amostras mais granulosas, A e D, foram consideradas as menos preferidas pelos consumidores após 365 dias de armazenamento.

Tabela 19. Resultados das médias seguida do desvio padrão do atributo textura granulosa dos açúcares armazenados por 365 dias

Textura granulosa										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	8,5±0,37	aA	7,5±1,24	aA	7,2±1,21	aA	7,3±1,20	aA	7,6±1,20	aA
B	3,1±1,70	cA	1,7±1,34	bA	1,8±1,68	bA	2,6±1,66	bA	2,3±1,84	bA
C	2,4±1,16	cA	1,8±1,03	bA	3,2±2,16	bA	2,5±0,95	bA	3,1±1,10	bA
D	5,4±1,29	bA	5,6±2,29	aA	6,4±2,11	aA	6,2±2,13	aA	6,9±1,49	aA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.7 Aceitação e intenção de compra

5.7.1 Aceitação

No atributo cor (Tabela 20), verificou-se que a amostra A (1,69%) apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) em relação aos

tempos 0 e 270 dias, não diferindo estatisticamente entre si aos 90 e 180 dias, nem dos demais tempos. Os tempos de 270 e 365 dias não diferiram entre si. A amostra B (1,96%) e D (4,13%) não apresentaram diferença significativa durante o período de armazenamento. A amostra C (2,00%) não diferiu entre si aos 0, 90 e 180 dias, mas diferiu de 365 dias, 270 dias não diferiu dos demais tempos.

Os tratamentos C e D com médias de 5,3 aos 0 dias não apresentaram diferença significativa entre si, mas diferiram dos tratamentos B e A, sendo a amostra A (1,69%) a menos aceita. Aos 90 dias, o tratamento C com média de 5,3 não diferiu do tratamento D com média de 4,7. Aos 180 dias, os tratamentos B, C e D foram os mais aceitos no atributo cor pelos consumidores, com médias de 4,7, 5,3 e 5,1, respectivamente. Aos 270 dias, os tratamentos A e B com médias de 4,4 e 4,4 foram os menos aceitos, não diferindo estatisticamente entre si ($p \geq 0,05$), e os tratamentos C e D foram os mais aceitos. Aos 365 dias, os tratamentos A e B com médias de 4,3 e 4,7 foram os menos aceitos, e os tratamentos C e D com médias de 6,2 e 5,5 foram os mais aceitos, não diferindo estatisticamente entre si.

Tabela 20. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação de cor dos açúcares armazenados por 365 dias

Aceitação de cor										
		Tempo (dias)								
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	3,0±1,44	cA	3,5±1,64	cAB	3,9±1,69	bAB	4,4±1,43	aB	4,3±1,46	aB
B	4,0±1,68	bA	4,2±1,65	bcA	4,7±1,62	aA	4,4±1,68	abA	4,7±1,16	aA
C	5,3±1,36	aA	5,3±1,39	aA	5,3±1,10	aA	5,8±1,15	cAB	6,2±0,83	bB
D	5,3±1,60	aA	4,7±1,90	aA	5,1±1,83	aA	5,3±1,68	bcA	5,5±1,63	bA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Dados obtidos em parceria com o projeto de Iniciação Científica UFSCar da aluna Bianca Nicoletti Ferreira (Edital 2021-2022).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

Durán Rojas (2007), em um estudo, realizou o teste de aceitação com três amostras de açúcar mascavo, com base nas cores clara (A), intermediária (B) e escura (C). O teste foi conduzido em dois supermercados da cidade de Viçosa-MG e contou com a participação de 100 consumidores. As amostras A, B e C não apresentaram diferença significativa entre si. A média de aceitação da amostra A foi de 6,71, seguida da amostra B com 6,55 e da amostra C com 6,24. De acordo com a autora, a cor não interferiu na escolha do produto pelos consumidores. Os valores encontrados nas três amostras foram próximos aos valores da amostra C do presente estudo, com média de aceitação de 6,2.

Os resultados obtidos no teste de aceitação associados aos resultados da análise descritiva quantitativa (ADQ) e cor instrumental, mostram que o tratamento A, com menor teor de umidade de 1,69%, foi o menos aceito com 4,3. Na ADQ, no atributo cor foi considerado o segundo mais claro com 3,7, o menos homogêneo em relação a cor com 3,9 e na análise de cor instrumental foi considerado o segundo mais claro com $L = 40,98$. O tratamento B com 1,96% de umidade foi considerado juntamente com o A o menos aceito com média de 4,7. Na ADQ no atributo cor, foi considerado o mais claro com média de 1,8, apresentou maior homogeneidade na cor e de acordo com a cor instrumental foi considerado o mais claro de todos os tratamentos com $L = 47,64$. Percebe-se que os tratamentos com menores teores de umidade e mais claros foram os menos aceitos pelos consumidores. Os tratamentos C e D considerados os mais escuros foram os mais aceitos. Durante os 365 dias de armazenamento o atributo cor obteve maiores médias.

Para o atributo textura (Tabela 21), verificou-se, que a amostra A (1,69%) aos 0 e 270 dias diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), aos 270 e 365 dias não diferiram entre si ($p \geq 0,05$), aos 90 e 180 dias não diferiu dos demais tempos. As amostras B e D não apresentaram diferenças durante os 365 dias de armazenamento. A amostra C apresentou diferença significativa aos 90 e 365 dias, aos 0, 180 e 270 dias não ocorreu diferença entre os demais tempos.

O tratamento A com 2,3 de média aos 0 dias diferiu ($p \leq 0,05$) dos tratamentos B e C com 4,2 e 5,2 respectivamente. O tratamento D com 4,7 não

apresentou diferença significativa dos tratamentos B e C. Aos 90 dias os tratamentos B e C diferiram entre si com médias de 4,2 e 5,2 respectivamente, o tratamento D com 4,8 não diferiu dos tratamentos B e C. Aos 180 e 365 dias os tratamentos B, C e D não apresentaram diferença entre si ($p \geq 0,05$), o tratamento A obteve menor média dos demais. Aos 270 dias os tratamentos B e D com 3,8, 4,2 e não diferiram dos tratamentos A e C.

Em 365 dias de armazenamento as amostras B, C e D não apresentaram diferença significativa no tempo, apenas a A modificou apresentando melhores resultados, em geral, o atributo manteve-se estável ao longo do tempo

Tabela 21. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação de textura dos açúcares armazenados por 365 dias

Aceitação de textura										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	2,3±1,21	aA	3,1±1,64	aAB	3,2±1,68	aAB	3,8±1,67	aB	3,5±1,16	aB
B	4,2±1,90	bA	4,2±1,96	bA	4,9±1,88	bA	4,2±2,14	abA	4,5±2,02	bA
C	5,2±1,50	cAB	5,2±1,44	cA	5,0±1,34	bAB	4,9±1,45	bAB	4,6±1,37	bB
D	4,7±1,52	bcA	4,8±1,84	bcA	4,8±1,59	bA	4,1±1,72	abA	4,9±1,42	bA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Dados obtidos em parceria com o projeto de Iniciação Científica UFSCar da aluna Bianca Nicoletti Ferreira (Edital 2021-2022).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

Para a avaliação da aceitação visual (cor e textura) do açúcar (Tabela 22), observou-se que as amostras B, C e D não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento. A amostra A, por outro lado, apresentou diferença estatisticamente significativa entre si aos 0, 180 e 270 dias ($p \leq 0,05$), não diferindo aos 90 dias do período de 0 e 180 dias.

No momento inicial (0 dias), o tratamento A (com média de 2,5) apresentou diferença significativa em relação aos tratamentos B, C e D. Já o tratamento D (com média de 5,0) não diferiu significativamente ($p \geq 0,05$) dos tratamentos B e C. Aos 90 e 180 dias, o tratamento A, com médias de 3,4 e

3,5, respectivamente, apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si ($p \geq 0,05$). Aos 270 dias, o tratamento A (com média de 4,6) e o tratamento B (com média de 4,4) não diferiram significativamente dos tratamentos C e D, que tiveram médias de 5,2 e 4,2, respectivamente. No período de 365 dias, as médias do tratamento A aumentaram de 2,5 para 4,5, enquanto o tratamento D (com média de 4,7) não diferiu dos tratamentos A, B e C.

O armazenamento melhorou a aceitação visual (cor e textura) da amostra A e manteve as médias das demais. O aumento da média da amostra A durante os 365 dias pode estar relacionada a outros atributos como cor, textura ou escolha do consumidor pelo produto baseado em preferências e experiências anteriores.

Tabela 22. Resultados das médias e desvio padrão das notas de aceitação visual dos açúcares armazenados por 365 dias

Aceitação visual										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	2,5±1,24	aA	3,4±1,50	aAB	3,5±1,72	aB	4,6±1,33	abC	4,5±1,38	aC
B	4,2±1,79	bA	4,7±1,79	bA	4,7±1,59	bA	4,4±1,61	abA	4,3±1,51	aA
C	5,5±1,34	cA	5,4±1,29	bA	5,0±1,43	bA	5,2±1,40	aA	5,8±1,13	bA
D	5,0±1,41	bcA	4,8±1,77	bA	4,8±1,64	bA	4,2±1,75	bA	4,7±1,34	abA

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Dados obtidos em parceria com o projeto de Iniciação Científica UFSCar da aluna Bianca Nicoletti Ferreira (Edital 2021-2022).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

5.7.2 Intenção de compra

Para a intenção de compra (Tabela 23), verificou-se que a amostra C não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) durante o armazenamento. A amostra A diferiu entre 0, 180 e 270 dias. A amostra B, ao longo do tempo,

diferiu ($p \leq 0,05$) aos 0 e 365 dias. A amostra D diferiu em 0 e 270 dias. Aos 90 dias, não houve diferença entre os demais tempos.

No dia 0, os tratamentos C (4,1) e D (3,8) não apresentaram diferença significativa entre si ($p \geq 0,05$), mas diferiram dos tratamentos A e B. Aos 90 dias, o tratamento A (2,3) diferiu estatisticamente dos tratamentos B, C e D com 3,3, 3,8 e 3,3, respectivamente. Durante os 180 dias de armazenamento, o tratamento A (2,5) diferiu ($p \leq 0,05$) dos tratamentos B, C e D. Aos 270 dias, os tratamentos B (3,7) e C (3,5) não apresentaram diferença entre si ($p \geq 0,05$), enquanto o tratamento D (2,9) diferiu dos tratamentos B e C, o tratamento A (3,3) não diferiu dos demais. Aos 365 dias, o tratamento A, B e C não diferiram entre si, o tratamento D (2,8) diferiu dos demais apresentando menor interesse de compra pelos consumidores.

No período de 365 dias de armazenamento, verificou-se que a amostra D é a menos preferida pelos consumidores, com uma redução de 3,8 para 2,8. Enquanto as médias da amostra A aumentaram de 1,7 para 3,5.

Na aceitação visual, verificou-se que o tratamento D foi a segunda mais aceita pelos consumidores, no entanto, no teste de intenção de compra, foi a menos escolhida. Observou-se que o tratamento A apresentou melhores resultados nas médias de aceitação visual e intenção de compra ao longo do tempo. Na intenção de compra passou a ser um dos preferidos dos consumidores. Já a amostra B, mesmo permanecendo entre os menos aceitos no atributo aceitação visual, foi a mais escolhida no teste de intenção de compra juntamente com a amostra A e C. É possível que outros atributos e preferências dos consumidores tenham contribuído para a escolha das amostras.

Tabela 23. Resultados das médias e desvio padrão das notas de intenção de compra dos açúcares armazenados por 365 dias

Intenção de compra										
Tempo (dias)										
Açúcares mascavo	0		90		180		270		365	
A	1,7 ± 0,83	cC	2,3 ± 1,14	bBC	2,5 ± 1,28	bB	3,3 ± 1,23	abA	3,5 ± 1,07	aA
B	3,1 ± 1,32	bB	3,3 ± 1,33	aAB	3,5 ± 1,44	aAB	3,7 ± 1,13	aAB	3,9 ± 1,05	aA
C	4,1 ± 0,96	aA	3,8 ± 0,94	aA	3,6 ± 1,19	aA	3,5 ± 1,38	aA	3,7 ± 1,35	aA
D	3,8 ± 1,14	aA	3,3 ± 1,35	aAB	3,8 ± 1,20	aA	2,9 ± 1,42	bB	2,8 ± 1,37	bB

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna (tratamento) e letras maiúsculas na linha (tempo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

*Dados obtidos com a aluna Bianca Nicoletti Ferreira (IC / UFSCar 2021-2022).

Teores de umidade dos açúcares mascavo (%):

0 dias = A =1,69; B =1,96; C =2,00; D =4,13.

90 dias = A =1,70; B =2,04; C =2,02; D =4,38.

180 dias = A =1,70; B =1,86; C =1,97; D =3,98.

270 dias = A =1,76; B =1,90; C =2,09; D =4,06.

365 dias = A =1,77; B =2,19; C =2,31; D =4,22.

6 Análise de componentes principais (ACP)

6.1 Análise sensorial

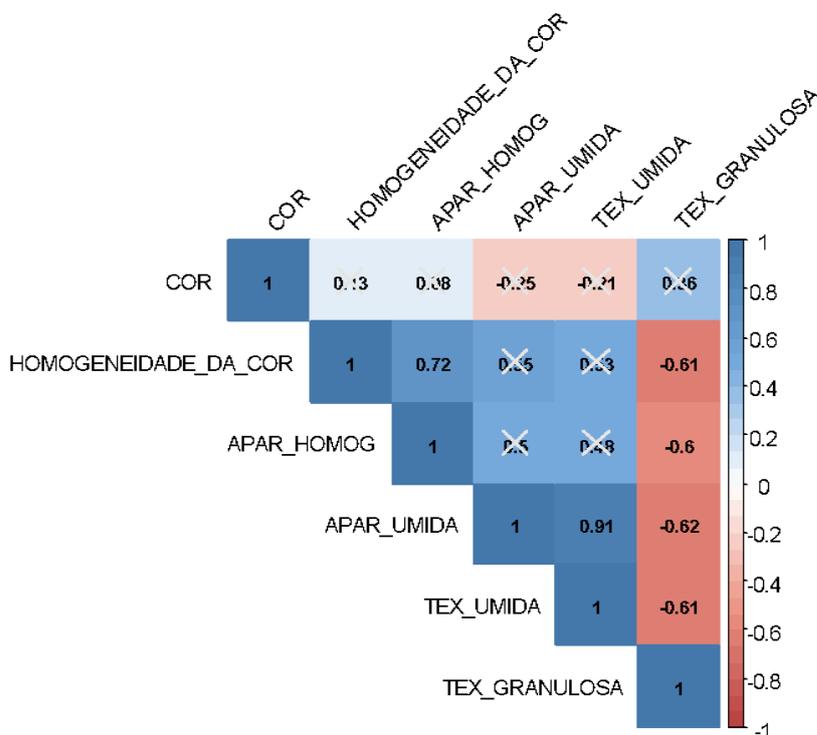
As análises foram realizadas com os dados dos tópicos 5.6.1 e 5.6.2 referentes aos parâmetros sensoriais de aparência e parâmetros sensoriais de textura (Figura 9). A correlação positiva entre dois parâmetros indica a relação direta entre eles, a correlação negativa indica relação inversamente proporcional entre os parâmetros e pode ocorrer a correlação estatisticamente nula, com valores baixos mostrando pouca interação entre os parâmetros.

Há correlação direta entre os atributos homogeneidade da cor e aparência homogênea, as amostras com maiores valores na homogeneidade da cor apresentaram maiores valores na aparência homogênea. O açúcar sofre alterações com as reações não-enzimáticas tornando-se mais escuro, os polifenóis e os aminoácidos são capazes de afetar a coloração do produto, assim como a presença de impurezas ocasionando partículas de coloração diferente (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002; LOPES; GABRIEL, 2011; VERRUMA-BERNARDI *et al.*, 2007). A presença de

impurezas e açúcar redutor em ambientes com umidade acima de 60% ocasiona a dissolução da sacarose (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002) podendo afetar a aparência do açúcar.

Entre os atributos de aparência úmida e textura úmida há correlação direta. As amostras com os maiores valores no atributo aparência úmida apresentaram maiores valores na textura úmida. A temperatura, granulometria e açúcares redutores influenciam a capacidade de sorção do açúcar. Quanto menor o cristal, maior será sua capacidade higroscópica. Cristais mais finos possuem uma área de superfície maior, dessa forma, disponibilizando maior área para a adsorção de vapor de água do ar (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Figura 9. Gráfico de correlações entre os atributos sensoriais para as amostras de açúcar mascavo



Os dois primeiros componentes principais explicaram 79,07% (Tabela 24) da variabilidade das respostas em relação aos atributos sensoriais. Considerando a PC1 (Componente Principal 1), homogeneidade da cor, aparência homogênea, aparência úmida e textura úmida são altamente

correlacionados com essa componente principal, considerando correlações superiores a 70% (-70%). De acordo com Hinkle, Wiersma e Jurs (2003), as variáveis com correlação superior a 0,7 ou menores que -0,7 são consideradas altamente correlacionadas e baixa correlação em 0,3 e 0,5 (-0,3 e -0,5). Para essa componente, espera-se que os altos escores apresentem maiores valores para os homogeneidade da cor, aparência homogênea, aparência úmida e textura úmida e menor escore para textura granulosa. A PC2 (Componente Principal 2) apresentou maiores escores para o atributo cor.

Tabela 24. Correlações entre os atributos sensoriais e os dois primeiros componentes principais

Variáveis	PCI	PC2
Cor	-0,2165	-0,4265
Homogeneidade da cor	<i>0,7943</i>	-0,4066
Aparência homogênea	<i>0,7708</i>	0,1899
Aparência úmida	<i>0,8753</i>	0,1722
Textura úmida	<i>0,8620</i>	-0,1689
Textura granulosa	-0,8405	20,95
Proporção da Variação	58,12	-0,9030
Total		79,07

*As variáveis em negrito e itálico indicam grupos de variáveis a serem formados.

7 CONCLUSÕES

Os valores encontrados para coliformes totais em 365 dias ficaram abaixo do estipulado pela legislação utilizada como referência, resultados que indicam boas práticas de fabricação. As análises físico-químicas de umidade e atividade de água apresentaram aumento durante o armazenamento, mas não o suficiente para comprometer o produto mantendo-o apto ao consumo.

Na análise sensorial e instrumental de cor observou-se que o armazenamento contribuiu para o escurecimento dos açúcares, as alterações nas médias afetaram as notas de aceitação de forma positiva. Mesmo as amostras com as menores notas, ao longo do tempo tiveram melhora. Verificou-se que os consumidores preferiram as amostras mais escuras e com maiores teores de umidade.

Os atributos de aparência homogênea e úmida e textura granulosa não apresentaram mudanças significativas ao longo do tempo, os atributos, textura úmida, homogeneidade da cor e cor apresentaram pequenas alterações nas médias. Em geral, os atributos permaneceram estáveis, e as leves mudanças não foram suficientes para comprometer o produto durante 12 meses de armazenamento.

No teste de aceitação de cor as notas aumentaram. A textura manteve suas notas estáveis, assim como a aceitação visual e intenção de compra. Além disso, foi verificado que o período de armazenamento contribuiu para a melhora da aceitação de cor por parte dos consumidores.

No decorrer do período de armazenamento de 12 meses, foram constatadas ligeiras alterações em determinados atributos sensoriais, as quais, contudo, não se mostraram suficientes para comprometer negativamente a qualidade sensorial do açúcar mascavo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de Diretoria Colegiada: RDC nº 273**, de 01 de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários do açúcar, açúcar líquido invertido, açúcar de confeitaria, adoçante de mesa... Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_723_2022_.pdf/7284c430-ea3e-462b-a309-5987857018f9. Acesso em: 5 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF, 10 jan. 2001. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33916/0/Resolu%C3%A7%C3%A3o+RDC+n%C2%BA+12%C2%BA+de+02+de+janeiro+de+2001/0fa7518b-92ff-4616-85e9-bf48a6a82b48?version=1.0>. Acesso em: 21 ago. 2022.

ARAÚJO, E. R. *et al.* Qualidade de açúcares mascavo produzidos em um assentamento da reforma agrária. **Revista Brasileira de Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 617-621, out./dez. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277796579>. Acesso em: 17 ago. 2021.

ARTSCHWAGER, E.; BRANDES, E. W. **Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)**: origin, classification, characteristics, and descriptions of representative clones. Washington D.C.: USDA, 1958. 307 p.

ASIKIN, Y. *et al.* Changes in the physicochemical characteristics, including flavour components and Maillard reaction products, of non-centrifugal cane brown sugar during storage. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 149, p. 170-177, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814613015379>. Acesso em: 20 set. 2022.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **AOAC official methods of analysis**: official method 991.14: coliform and *escherichia coli* counts in foods. Arlington: AOAC, 2002. 6 p. Disponível em: <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=46949>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BETTANI, S. R. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e convencionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 155-162, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v16n2p155-162>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277927567_AVALIACAO_FISICO-QUIMICA_E_SENSORIAL_DE_ACUCARES_ORGANICOS_E_CONVENCIONAIS. Acesso em: 28 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 47, de 30 de agosto de 2018. Estabelece o Regulamento Técnico do Açúcar, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade... **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, edição 173, p. 12-15, 6 set. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/39939558/do1-2018-09-06-instrucao-normativa-n-47-de-30-de-agosto-de-2018-39939440. Acesso em: 20 ago. 2022.

CAVALCANTI, J. R. A. *et al.* Determinação de chumbo e cádmio em açúcar comercializado na cidade de Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, Recife, v. 2, n. 1, p. 556-560, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.25286/repa.v2i1.513>. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/repa/article/view/513>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 207 p.

CESAR, M. A. A.; SILVA, F. C. da. **Pequenas indústrias rurais da cana-de-açúcar**: melado, rapadura e açúcar mascavo. [S. l.], [2003]. 8 p. Disponível em: <https://xdocz.com.br/doc/azeredopequenas-industrias-rurais-de-cana-de-aucar-vqpelezly286>. Acesso em: 23 ago. 2022.

CHAVES, J. B. P. **Como produzir rapadura, melado e açúcar mascavo**. Viçosa: CPT, 1998. 120 p.

CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade para a indústria de alimentos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 98 p.

CHAVES, J. B. P.; FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. Produção de açúcar mascavo, melado e rapadura. *In*: SILVA, C. A. B. da; FERNANDES, A. R. (ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais**: produtos de origem vegetal. Viçosa: Editora UFV, 2003. cap. 4, p. 119-169.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Exportação e importações de açúcar e etanol. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 51-55, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 6 de maio de 2023.

COPERSUCAR UNIÃO. **Características agronômicas das variedades SP**. Guariba: Associação dos Fornecedores de Cana de Guariba (SOCICANA), 2006. [2 p.]. Disponível em: <https://socicana.com.br/wp-content/uploads/Variedades-SP.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

CUDDIHY, J. A.; PORRO, M. E.; RAUH, J. S. The presence of total polysaccharides in sugar production and methods for reducing their negative effects. **Journal of American Society of Sugarcane Technologists**, United States, v. 21, p. 73-91, 2001. Disponível em: <https://louisianadigitallibrary.org/islandora/object/lisu-ag-assct%3A4003#page/7/mode/2up>. Acesso em: 19 jun. 2023.

DELGADO, A. A.; DELGADO, A. P. **Produção de açúcar mascavo rapadura e melado**. Piracicaba: Alves, 1999. 154 p.

DIAS, A. S.; JURADO, R. A. R. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo; COVISA, 2002. [34 p.]. Apresentação de slides. Disponível em: <http://repositorio.asc.es.edu.br/handle/123456789/1987>. Acesso em: 18 ago. 2021.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. *In*: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas**. Viçosa: Editora UFV, 2010. cap. 2, p. 25-49.

DURÁN, E. *et al.* Análise colorimétrica de açúcar mascavo e sua aceitação no mercado de Viçosa-MG, Brasil. **Temas Agrários**, Montería, v. 17, n. 2, p. 30-42, 2012. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v17i2.700>. Disponível em: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/700>. Acesso em: 14 jan. 2023.

DURÁN ROJAS, E. **Avaliação de canais de comercialização e distribuição de açúcar mascavo: estudo de caso em uma associação**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2830/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

ESSE, R.; SAARI, A. Shelf-life and moisture management. *In*: STEELE, R. (ed.). **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; Boca Raton: CRC Press LLC, 2004. cap. 2, p. 24-41.

FARIA, D. A. M. **Estudo nutricional e sensorial de açúcares cristal, refinado, demerara e mascavo orgânicos e convencionais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.

FARIA, D. M.; SPOTO, M. H. F.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Comparação sensorial de açúcares orgânicos e convencionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 183-188, abr./jun. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/38405381-Comparacao-sensorial-entre-acucares-organicos-e-convencionais.html>. Acesso em: 26 ago. 2022.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2006. 182 p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologias de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

GENEROSO, W. C. *et al.* Avaliação microbiológica e físico-química de açúcares mascavo comerciais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 259-268, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/661035/1/PROCIRTN2009.00374.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GUERRA, M. J.; MUJICA, M. V. Physical and chemical properties of granulated cane sugar “panelas”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 250-257, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010005000012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/rpkKkCjtdPgkrh7cZPZ5yGg/?lang=en>. Acesso em: 8 mar. 2023.

GUIDI, L. R.; FERREIRA, T. G.; PEREIRA, J. A. M. Determinação de isotermas de sorção de açúcar mascavo. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 16.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 2., 2009, Belo Horizonte. **Anais[...]**. [Belo Horizonte]: [s. n.], 2009.

GUTEMBERG, B. S. **Colorimetria: propagação dos erros e cálculo da incerteza de medição nos resultados espectrofotométricos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=5012@1>. Acesso em: 25 set. 2022.

HINKLE, D. E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. **Applied statistics for the behavioral sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 2003. 756 p.

HUSSAIN, F. *et al.* Role of cane varieties in sugar industry and gur making. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 46, n. 2, p. 171-181, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237591131_ROLE_OF_CANE_VARIETIES_IN_SUGAR_INDUSTRY_AND_GUR_MAKING. Acesso em: 21 set. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.

IRVINE, J. E. Sugarcane. *In*: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 1983, Los Baños Laguna. **Proceedings of [...]**. Los Baños Laguna: International Rice Research Institute Philippines, 1983. p. 361–381.

JAMBASSI, J. R. **Aspecto da qualidade do açúcar**: impactos de diferentes condições de armazenamento e método de classificação por espectroscopia Raman. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-16082017-152118/en.php>. Acesso em: 20 set. 2022.

JERONIMO, E. M. *et al.* **Produção artesanal de derivados de cana-de-açúcar**: açúcar mascavo, melado, rapadura. Campinas: CDRS, 2020. 57 p.

JESUS, D. A. **Qualidade microbiológica de amostras de açúcar mascavo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-17092010-170504/pt-br.php>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KONICA MINOLTA. **Compreendendo o espaço de Cor CIE L*C*h**. Williams Drive Ramsey: Konica Minolta, c.2023. Disponível em: <https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

KORT, M. J. Colour in the sugar industry. *In*: BIRCH, G. G.; PARKER, K. J. (ed.). **Sugar science and technology**. London: Applied Science, 1978. chap. 4, p. 97-130.

LEMOS, L. R. **Influência de diferentes teores de dextrana e amido em açúcar cristal na formação de flocos em soluções ácidas carbonatadas e soluções alcóolicas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

LIMA, L. R.; MARCONDES, A. A. Tratamentos preliminares da cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool. *In*: MARCONDES, A. de A.; LIMA, L. da R. **Álcool carburante**: uma estratégia brasileira. Curitiba: UFPR, 2002. cap. 3, p. 63-77.

LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado de cana**. Rio Grande do Sul: CNA; SEBRAE; SENAR, 1998. 44 p.

LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Proposta de normas e especificações para açúcar mascavo, rapadura e melado de cana**. Araras: UFSCar, 2004. 10 p.

LOPES, C. H., GABRIEL, A. V. M. D. **Tecnologia de produção de açúcar de cana**. São Carlos: EDUFSCar, 2011. 183 p.

LOPES, C. H. Problemas de qualidade do açúcar na armazenagem. **Revista Alcoolbrás**, São Paulo, n. 105, 2008.

MACHADO, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56p. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/11_tecnologia_fabricacao_acucar.pdf. Acesso em: 14 ago de 2022.

MARQUES, D. **Guia da cana-de-açúcar**: avanço científico beneficia o país. [S. l.]: Conselho de Informações sobre Biotecnologia, 2009. 19 p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4307289/mod_resource/content/1/guia_cana.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022.

MARTINS, S. I. F. S.; JONGEN, W. M. F.; VAN BOEKEL, M. A. J. S. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling. **Trends in Food Science and Technology**, Campinas, v. 11, p. 364–373, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440100022X>. Acesso em: 9 mar. 2023.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/27/12/article-p1254.xml>. Acesso em: 25 set. 2022.

MEIRELLES, A. J. A. **Potencial forrageiro de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à adubação orgânica e química, em duas épocas de corte**. 2009. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/2034>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MINGUETTI, F. F. **Influência dos sistemas de produção, convencional e orgânico, na qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e do açúcar mascavo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/147>. Acesso em: 20 ago. 2022.

MOITA, A. W. **Análise de variância para dados de tonalidade de cor: um caso de dados circulares**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-20181127-162129/pt-br.php>. Acesso em: 20 fev. 2023.

MOORE, P. H.; MARETZKI, A. Sugarcane. *In*: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A. A. (ed.). **Photoassimilate distribution in plants and crops**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 643-669.

MORDOR INTELLIGENCE. **Mercado de açúcar mascavo**: crescimento, tendências, impacto do COVID-19 e previsões (2023-2028). Hyderabad: Mordor Intelligence, c.2023. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/brown-sugar-market>. Acesso em: 1 abr. 2023.

MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**: marketing and R&D approaches. [S. l.]: Food & Nutrition Press, 1983. 605 p.

NAKANO, O. **Entomologia econômica**. Piracicaba: Livroceres, 2011. 464 p.

NATALINO, R. **Caracterização de açúcar mascavo aplicando análise das componentes principais a dados espectrométricos**. 2006. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NEUHL, C.; MERSMANN, A. Comparison of the non-solvents ethanol and isopropanol for the fractionation of dextran. **Fluid Phase Equilibria**, Amsterdam, v. 116, n. 1/2, p. 133-139, 1996. DOI: [https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1016/0378-3812\(95\)02881-1](https://doi-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/10.1016/0378-3812(95)02881-1). Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez31.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/0378381295028811?via%3Dihub>.

NEW ZEALAND FOOD SAFETY AUTHORITY. **A guide to calculating the shelf life of foods**: information booklet for the food industry. Wellington: NZFSA, 2005. 32 p. ISBN 0-478-07865-X.

NOGUEIRA, C. C. de M. **Nitrogênio e fotossíntese em plantas de cana-de-açúcar sob sombreamento**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2022. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/repositorio/storage/pb232020.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

OLIVEIRA, A. R. de; BRAGA, M. B. **Florescimento e acamamento de cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2011. 23 p.

OLIVEIRA, D. T. Parâmetros de qualidade do açúcar e amarelecimento no armazenamento. *In*: SIMPÓSIO: AÇÚCAR: PRODUÇÃO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE, 2014, Araraquara. **Palestras [...]**. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/palestra.danilo.tostes.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

ORSOLIN, J. **Gestão da comercialização na cadeia agroindustrial familiar do açúcar mascavo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/37333>. Acesso em: 24 set. 2022.

ORTIGOZA-BERMÚDEZ, J. *et al.* Comportamento cinético da degradação de sacarose no suco de cana industrial pelo *Leuconostoc mesenteroides*. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 13., 2019, Campinas. **Anais eletrônicos[...]**. Campinas: Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/slaca/slaca-2019/trabalhos/comportamento-cinetico-da-degradacao-de-sacarose-no-suco-de-cana-industrial-pelo?lang=pt-br>. Acesso em: 18 set. 2021.

PARAZZI, C. *et al.* A. Análises microbiológicas do açúcar mascavo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 32-40, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6906/4573>. Acesso em: 18 set. 2021.

PAYET, B.; SING, A. S. C.; SMADJA, J. Assessment of antioxidant activity of cane brown sugars by ABTS and DPPH radical scavenging assays: determination of their polyphenolic and volatile constituents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 10074–10079, 2005.

PEREZ, C. da S. **Efeito do armazenamento nas características microbiológicas e físico-químicas do açúcar mascavo**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2023.

PINTO, J. V. **Elaboração de manual prático para determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/141323>. Acesso em: 19 set. 2021.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

RÓS, R. R. **Caracterização química, físico-química, higiênico-sanitária e sensorial de açúcar mascavo produzido por sistemas convencional e orgânico**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13283>. Acesso em: 14 fev. 2023.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Plantio. *In*: MARIN, F. R. (ed.). **Cana**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/manejo/plantio>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SARANTÓPOULOS, C.; OLIVEIRA, L.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. 2. ed. Campinas: CETEA/ ITAL, 2002. 213 p.

SILVA, R. F. da. **Qualidade microbiológica, físico-química, instrumental e sensorial de marcas de açúcares mascavo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9629/SILVA_Rodrigo_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Acesso em: 20 ago. 2022.

SILVA, R. F. *et al.* Avaliação da qualidade de açúcares mascavado. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1098-1106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA18077>. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16787>. Acesso em: 23 set. 2022.

SILVA, R. **Teoria da cor: fundamentos básicos**. [Curitiba: UFPR, 2015]. Apontamentos da disciplina Elementos Compositivos de Projeto II do curso de Expressão Gráfica da UFPR. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/degraf_rossano/wp-content/uploads/sites/16/2014/10/cor_aula_1.pdf. Acesso em: 22 jan. 2023.

SINGH, T. K.; CADWALLADER, K. R. Ways of measuring shelf-life and spoilage. *In*: STEELE, R. (ed.). **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; Boca Raton: CRC Press LLC, 2004. cap 9, p. 165-179.

STONE, H.; SIDEL J. L. **Sensory evaluation practices**. 3th ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 377 p.

TABELA Brasileira de composição de alimentos (TACO) 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-Unicamp, 2011. 161 p.

TAKAHASHI, M. *et al.* Composition, taste, aroma, and antioxidant activity of solidified noncentrifugal brown sugars prepared from whole stalk and separated pith of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 81, n. 11, p. 2647-2655, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13531>. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1750-3841.13531>. Acesso em: 27 set. 2022.

TEJERA, N. A. *et al.* Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 102, n. 1, p. 64-72, 30 apr. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.02.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429007000287?via%3Dihub>. Acesso em: 22 mar. 2023.

VERRUMA-BERNARDI, M. R. *et al.* Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de açúcares mascavos comercializados na cidade de São Carlos – SP. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 205-211, jul./set. 2007. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br/arquivos/artigos/v10n3293a.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2022.

VERRUMA-BERNARDI, M. R. *et al.* Avaliação sensorial de açúcar mascavo. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, p. 29-38, ago. 2010. Edição especial. Trabalho apresentado no 6º Simpósio Ibero-Americano de Análise Sensorial - SENSIBER, 2010, São Paulo. DOI: 10.4260/BJFT201114E000104. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/909516/1/2011066.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

VIEIRA, M. C. A.; LIMA, J. F.; BRAGA, N. M. Setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução e perspectivas. *In:* TORRES FILHO, E. T.; PUGA, F. P. (org.). **Perspectivas do investimento 2007/2010**. Rio de Janeiro: BNDES, 2007. cap. 7, p. 208-245. Disponível em: <https://web.bnades.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1982as> do investimento 2007/2010. Acesso em: 20 set. 2022.

WILWERTH, M. W. *et al.* Determinação de minerais e metais pesados em açúcar mascavo. *In:* CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17.; JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFSCAR, 8., 2009, Araras. **Anais[...]** São Carlos: UFSCar, 2009.