



**GABRIEL CARVALHO MATIAS**

**QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS ARMAZENADOS EM  
ATMOSFERA MODIFICADA**

**LAVRAS – MG  
2023**

**GABRIEL CARVALHO MATIAS**

**QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS ARMAZENADOS EM ATMOSFERA  
MODIFICADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Flávio Moreira Borém  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Matias, Gabriel Carvalho.

Qualidade de cafés especiais armazenados em atmosfera  
modificada / Gabriel Carvalho Matias. - 2022.

104 p. : il.

Orientador(a): Flávio Meira Borém.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Coffea arabica L. 2. Armazenamento. 3. Qualidade. I.  
Borém, Flávio Meira. II. Título.

**GABRIEL CARVALHO MATIAS**

**QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS ARMAZENADOS EM ATMOSFERA  
MODIFICADA  
*QUALITY OF SPECIAL COFFEE STORED IN A MODIFIED ATMOSPHERE***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Processamento de Produtos Agrícolas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de maio de 2022.  
Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade  
Dra. Ana Paula de Carvalho Alves  
Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa

UFLA  
UFLA  
Embrapa/Café



Prof. Dr. Flávio Moreira Borém  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela vida, saúde, família, amigos. Por guiar meu caminho e me dar forças para superar as dificuldades.

A meus pais, Arísio e Maria José, a meu irmão, Leandro, e a minha esposa, Deborah, por me mostrarem a importância do nosso amor e união, pelo cuidado, afeto, confiança, por permitirem e incentivarem meu crescimento pessoal e intelectual.

Ao professor Flávio Meira Borém pela dedicação e orientação no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor Dr. Ednilton Tavares de Andrade, Dra. Ana Paula de Carvalho Alves, Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa pelo conhecimento, experiência e colaboração no projeto.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e à UFLA por disponibilizar todo o arcabouço físico e institucional que propiciou a realização do projeto.

Às empresas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Cool Seed – Tecnologia em Pós-Colheita, GrainPro - *Storing The Future*, Syngenta – Nucoffee e Logística Integrada Varginha (LIV) pela oportunidade gerada por este projeto de pesquisa.

Ao grupo do laboratório e ao PósCafé pela convivência, amizade e auxílio ao longo desse período.

Muito obrigado!

## RESUMO

O café é um importante produto do agronegócio brasileiro. Apenas no ano safra 2019/20 foram exportadas pelo Brasil mais de 40 milhões de sacas de 60 kg e a receita cambial foi superior a US\$ 6,5 bilhões de dólares. A qualidade do café começa no campo, e passa pela escolha das variedades, dos processos de colheita e pós-colheita aplicados e segue até o armazenamento e transporte. As notas delicadas encontradas no café especial refletem a expressão final de uma grande cadeia de transformações físicas e químicas que ligam os grãos à xícara. O armazenamento de grãos tem como objetivo estocar um produto por um determinado período de tempo. No entanto, fatores como qualidade e metabolismo do próprio grão, teor de água inicial, condições ambientais do armazém, tipo de embalagem e tempo de armazenamento influenciam na manutenção dessas características, podendo ocasionar degradação dos compostos químicos, o que afeta negativamente os aspectos sensoriais da bebida. Entretanto, o uso de embalagens de alta barreira ou práticas de armazenamento refrigerado são alternativas que podem assegurar a qualidade dos grãos durante o armazenamento. Dessa forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o comportamento de grãos crus de café de diferentes processamentos e níveis de qualidade, acondicionados em embalagens impermeáveis e armazenados em ambiente refrigerado. Os cafés (*Coffea arabica* L.) especiais foram providos pela Syngenta. Os cafés foram previamente amostrados e caracterizados quanto à bebida, dois lotes (um de café natural e outro de café descascado) foram avaliados com nota 82 pontos, e outro lote de café natural foi avaliado com nota 84 pontos. Foram acondicionados em dois tipos de embalagens: embalagem permeável a umidade e gases; e embalagem impermeável a gases, umidade e luz. O armazenamento dos grãos foi realizado em condição ambiente sem controle de temperatura e em ambiente refrigerado. As amostras foram codificadas pelas condições de armazenamento (A = ambiente; R = Refrigerado), tipo de processamento (Via seca = N; Via úmida = CD), qualidade da bebida (82 ou 84), tipo de embalagem (Alta barreira = AB; Juta = J) e tempo de armazenamento (0, 6 ou 9). Foi medida a concentração de CO<sub>2</sub> no interior da embalagem, realizadas as análises físicas (teor de água, cor, massa específica aparente), químicas (perfil de ácidos graxos, ácidos orgânicos, compostos voláteis, compostos bioativos) e análises sensoriais dos cafés. De acordo com os resultados, ocorre menor variação no teor de água e coloração dos grãos armazenados refrigerados e em embalagem de alta barreira. Menor variação na concentração de ácidos orgânicos, ácidos graxos e ácidos clorogênicos também são observadas nas amostras embaladas em embalagens de alta barreira ou armazenadas em ambiente refrigerado. Os resultados da análise sensorial apontam que as amostras RAB não apresentam notas de defeitos na maioria dos tratamentos após 6 ou 9 meses de armazenamento. Os resultados são promissores e refletem melhores condições de armazenamento dos grãos dadas pela qualidade da embalagem ou condições de temperatura, ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L.. Armazenamento. Qualidade. Refrigeração. Embalagem.

## ABSTRACT

Coffee is an important part of Brazilian agribusiness. In the 2019/20 crop year alone, more than 40 million 60 kg bags were exported from Brazil and foreign exchange earnings were over US\$ 6.5 billion. The quality of coffee begins in the field, and goes through the choice of varieties, the harvesting and post-harvest processes applied, and continues to storage and transport. The delicate notes found in specialty coffee reflect the final expression of a great chain of physical and chemical transformations that link the beans to the cup. Grain storage aims to store a product for a certain period of time. However, factors such as quality and metabolism of the grain itself, initial water content, environmental conditions in the warehouse, type of packaging and storage time influence the maintenance of these characteristics, which may cause degradation of chemical compounds, which negatively affects the sensory aspects of the grain. beverage. However, the use of high-barrier packaging or cold storage practices are alternatives that can ensure grain quality during storage. Thus, the present study aimed to evaluate the behavior of raw coffee beans from different processing and quality levels, packaged in impermeable packaging and stored in a refrigerated environment. The special coffees (*Coffea arabica* L.) were provided by Syngenta. The coffees were previously sampled and characterized according to the beverage, with two batches (one of natural coffee and the other of pulped coffee) evaluated with a grade of 82 points, and another batch of natural coffee evaluated with a grade of 84 points. They were packaged in two types of packaging: packaging permeable to moisture and gases; and packaging impermeable to gases, humidity and light. Grain storage was carried out in ambient conditions without temperature control and in a refrigerated environment. Samples were coded by storage conditions (A = ambient; R = Refrigerated), type of processing (Dry way = N; Wet way = CD), beverage quality (82 or 84), type of packaging (High barrier = AB ; Jute = J) and storage time (0, 6 or 9). The concentration of CO<sub>2</sub> inside the packaging was measured, physical analyzes (water content, color, apparent specific mass), chemical (fatty acid profile, organic acids, volatile compounds, bioactive compounds) and sensory analyzes of the coffees were carried out. According to the results, there is less variation in the water content and color of grains stored refrigerated and in high barrier packaging. Lesser variation in the concentration of organic acids, fatty acids and chlorogenic acids are also observed in samples packaged in high-barrier packaging or stored in a refrigerated environment. The results of the sensory analysis point out that the RAB samples do not show defect notes in most treatments after 6 or 9 months of storage. The results are promising and reflect better grain storage conditions given by the quality of the packaging or temperature conditions over time.

**Keywords:** *Coffea arabica* L.. Storage. Quality. Refrigeration. Packaging

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura média do armazenamento refrigerado e armazenamento em condição ambiente durante 9 meses.....	31
Figura 2 - Umidade relativa média do armazenamento refrigerado e armazenamento em condição ambiente durante 9 meses. ....	31
Figura 3 - Concentração de CO <sub>2</sub> dos grãos processados por via úmida e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	34
Figura 4 - Concentração de CO <sub>2</sub> dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	34
Figura 5 - Concentração de CO <sub>2</sub> dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	35
Figura 6 - Teor de água dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	38
Figura 7 - Teor de água dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	38
Figura 8 - Teor de água dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	39
Figura 9 - Luminosidade dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	42
Figura 10 - Luminosidade dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	43
Figura 11 - Luminosidade dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses. ....	43

Figura 12 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	44
Figura 13 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	45
Figura 14 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	45
Figura 15 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	46
Figura 16 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	47
Figura 17 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.....	47
Figura 18 - Massa específica aparente do café cereja descascado 82 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses. ....	49
Figura 19 - Massa específica aparente do café natural 82 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses.....	49
Figura 20 - Massa específica aparente do café natural 84 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses.....	50
Figura 21 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	54
Figura 22 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	55
Figura 23 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	56

Figura 24 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	60
Figura 25 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	61
Figura 26 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	61
Figura 27 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	65
Figura 28 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	66
Figura 29 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	66
Figura 30 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	73
Figura 31 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	73
Figura 32 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.....	75
Figura 33 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Circulo de correspondência para aroma).....	78
Figura 34 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia	

dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Circulo de correspondência para sabor). .....	79
Figura 35 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Circulo de correspondência para acidez).....	80
Figura 36 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Circulo de correspondência para corpo).....	81
Figura 37 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Circulo de correspondência para aroma).....	83
Figura 38 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Circulo de correspondência para sabor). .....	84
Figura 39 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para a acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Circulo de correspondência para acidez).....	85
Figura 40 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Circulo de correspondência para corpo).....	86
Figura 41 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Circulo de correspondência para aroma).....	88
Figura 42 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Circulo de correspondência para sabor). .....	89

Figura 43 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para a acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Circulo de correspondência para acidez).....	91
Figura 44 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Circulo de correspondência para corpo).....	92
Figura 45 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	93
Figura 46 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	94
Figura 47 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desenho Experimental. ....	23
Tabela 2 – Codificação dos tratamentos armazenados por 0, 6 e 9 meses. ....	24
Tabela 3 - Concentração de CO <sub>2</sub> das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses. ....	32
Tabela 4 – Teor de água das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses. ....	36
Tabela 5 – Resumo da ANAVA aplicada para o teor de água dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) ao longo do tempo. ....	37
Tabela 6 – Coordenadas L, a e b das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses. ....	40
Tabela 7 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	41
Tabela 8 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	41
Tabela 9 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	41
Tabela 10 – Resumo da ANAVA para massa específica aparente dos grãos acondicionados em diferentes embalagens e temperaturas. ....	48
Tabela 11 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	51
Tabela 12 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	51
Tabela 13 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	52
Tabela 14 – Concentração de ácidos graxos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo. ...	53

Tabela 15 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	57
Tabela 16 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.....	57
Tabela 17 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.....	57
Tabela 18 – Concentração de ácidos orgânicos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo. ....	59
Tabela 19 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	62
Tabela 20 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. ....	62
Tabela 21 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. ....	63
Tabela 22 – Concentração de compostos bioativos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo. ....	64
Tabela 23 – Resultado da ANAVA aplicada de compostos voláteis. ....	67
Tabela 24 – Resultados ANAVA de nota e atributos da escala de intensidade. ....	96

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Cafés especiais.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Processamento do café .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Armazenamento do café .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Planejamento experimental .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização dos cafés, embalagens, condições de armazenamento e amostragem.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Análises físicas de caracterização da qualidade dos cafés .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Teor de água.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Cor .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Massa específica aparente.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise químicas de caracterização da qualidade dos cafés.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Perfil de ácidos graxos livres .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Ácidos orgânicos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Cromatografia gasosa .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.3.1</b>	<b>Identificação dos compostos voláteis .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Compostos Bioativos .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise sensorial .....</b>	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Monitoramento da Temperatura e Umidade relativa.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Análises Físicas .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Teor de água.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Valores de Luminosidade e coordenadas a e b .....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Massa específica aparente.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4</b>	<b>Análises químicas de caracterização da qualidade dos cafés .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Perfil de ácidos graxos livres .....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Perfil de ácidos orgânicos .....</b>	<b>56</b>

<b>4.4.3</b>	<b>Compostos bioativos.....</b>	<b>62</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Compostos voláteis .....</b>	<b>67</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Análise sensorial .....</b>	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café é um produto importante no agronegócio brasileiro, no ano safra 2019/20 foram exportadas pelo Brasil mais de 40 milhões de sacas de 60 kg e a receita cambial foi superior a US\$ 6,5 bilhões de dólares (CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL - CECAFE, 2021). O crescente consumo e novas tendências no comportamento do consumidor de café fazem com que o mercado experimente muitas mudanças. Este desafio é uma oportunidade para que produtores de cafés especiais possam mudar suas condições sociais e econômicas, bem como para que pesquisadores encontrem técnicas cada vez mais eficazes na produção e manutenção dos atributos qualitativos dos cafés diferenciados.

A complexidade e intensidade dos atributos qualitativos na bebida do café dependem de fatores ambientais, genéticos e do nível tecnológico adotado desde a formação das lavouras até os processos de pós-colheita. No entanto, transformações químicas, físicas, bioquímicas e sensoriais que ocorrem no café em função das condições de armazenamento, poderão comprometer a manutenção da qualidade inicial, impactando na comercialização como cafés especiais. Essas alterações são mais acentuadas em cafés especiais armazenados de forma convencional em sacos de juta, quando comparadas às perdas notadas nos cafés commodities (ANDRADE, 2017; BORÉM *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2011; VARGAS *et al.*, 2018). Existe também uma tendência de que cafés processados via seca apresentem redução da qualidade de maneira mais intensa quando comparados os cafés descascados (SAATH *et al.*, 2012).

Recentemente, estudos têm sido realizados para garantir a preservação dos atributos sensoriais desejáveis durante o armazenamento. Nesse contexto, estudos realizados por Abreu (2018), Andrade (2017), Borém *et al.* (2013, 2019, 2021) e Ribeiro *et al.* (2011) avaliaram o uso de embalagens plásticas impermeáveis a umidade e a gases como oxigênio e dióxido de carbono na preservação de grãos crus de café, durante o período de armazenamento e na exportação destes. Devido à sua impermeabilidade e à respiração dos grãos, a embalagem de alta barreira promove a alteração da atmosfera no interior da embalagem, reduzindo a atividade respiratória dos grãos (BORÉM *et al.*, 2019).

Os usos dessas embalagens se apõem para a linha dos cafés especiais que, por possuírem maior valor agregado é viável à adoção da tecnologia, a fim de diminuir a velocidade de deterioração dos precursores da qualidade da bebida, mantendo as características iniciais por períodos mais prolongados (BORÉM, 2008; BORÉM *et al.*, 2013; NOBRE *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2011).

Grãos de cafés armazenados em ambiente com alta temperatura e umidade relativa têm seus processos metabólicos acelerados, por isso alguns estudos aplicaram o conceito de atmosfera artificial, controlando temperatura e umidade relativa. Esses estudos concluíram a viabilidade técnica do armazenamento de grãos em ambiente refrigerado, e para cafés diferenciados é favorável o emprego da técnica independentemente do método de processamento (ABREU *et al.*, 2017).

Entretanto, mesmo com os avanços encontrados na literatura sobre o uso de embalagens de alta barreira ou práticas de armazenamento refrigerado, e estes empregados de formas distintas na busca por alternativas que asseguraram a qualidade dos grãos durante o armazenamento, nenhum tipo de acondicionamento em uso tem capacidade de manter a qualidade inicial dos grãos (ANDRADE, 2017; BORÉM *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2011). Diante do exposto, o presente trabalho foi viabilizado pela parceria entre Universidade Federal de Lavras (UFLA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Cool Seed – Tecnologia em Pós-Colheita, GrainPro - *Storing The Future*, Syngenta – Nucoffee e Logística Integrada Varginha (LIV), com o objetivo de avaliar o comportamento de grãos crus de café de diferentes processamentos e níveis de qualidade, acondicionados em embalagens impermeáveis e armazenados em ambiente refrigerado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cafés especiais

A qualidade do café começa no campo, desde a escolha das variedades, dos processos de colheita e pós-colheita aplicados até o armazenamento. A partir disso, o processo de torra e extração influenciam a qualidade da bebida. As notas delicadas encontradas no café especial refletem a expressão final de uma grande cadeia de transformações físicas e químicas que ligam os grãos à xícara (YERETZIAN; BLANK; WISER, 2017).

Os consumidores de cafés especiais são cada vez mais exigentes e procuram mais do que uma bebida em uma xícara. Este comportamento faz parte do estilo de vida destes consumidores que desejam saber a procedência, sentir sabores e aromas diferentes que irão lhe oferecer sensações únicas. De acordo com CECAFE (2021), o Brasil exportou cerca de 22.872 milhões de sacas de café de julho de 2021 a janeiro de 2022. Os cafés especiais representam cerca de 17,4% deste total, exportados a preços médios de USD 292,44 por saca, o que representa 23,4% do total de obtido com exportações em janeiro de 2022.

Erna Knutsen em uma edição do Tea & Coffee Trade Journal no ano 1974, usou pela primeira vez o termo “café especial”. Em sua visão, especial envolve o conceito de algo de grande qualidade, incomum e muito particular. Knutsen, afirmava que o fator ambiente na produção de cafés especiais confere à bebida perfis sensoriais complexos e únicos (RHINEHART, 2009). Os avanços continuaram ao longo dos tempos e diversas organizações foram criadas a fim de agenciar o mercado de cafés especiais, como a Specialty Coffee Association of America (SCAA), a Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA) e a Speciality Coffee Association of Europe (SCAE). Já em 2017, a SCAA e SCAE oficialmente se tornaram uma organização única, denominada Specialty Coffee Association (SCA).

A SCAA estabeleceu uma completa e consistente metodologia para a definição e avaliação de café. Pela metodologia, o café é considerado como especial desde que atenda as avaliações de qualidade física e qualidade sensorial. Portanto, o lote de café especial não deve apresentar defeitos como grão de café totalmente preto e ardido, grãos colonizados por fungos, grãos com ataque severo do inseto *Hypothenemus hampei*, café em coco, impurezas e também grãos imaturos, denominados *quakers* após o processo de torra. Toleram-se até cinco defeitos equivalentes de grãos de café parcialmente preto, ardido, café em pergaminho, mofado, imaturo, malformado, concha, quebrado e grão brocado com ataque leve. Por fim, a bebida deve apresentar pontuação mínima de 80 pontos com base em dez atributos sensoriais.

A metodologia permite influir que o café classificado como especial passou por processos adequados desde a instauração e manejo da lavoura até as práticas de pós-colheita (AFONSO JÚNIOR *et al.*, 2004; FIGUEIREDO *et al.*, 2013; RAMOS *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2016; SAATH *et al.*, 2012; TAVEIRA *et al.*, 2014; TOLESSA *et al.*, 2017).

## 2.2 Processamento do café

O processamento do café pode ser realizado por via seca, denominado café natural, na qual os componentes anatômicos do fruto permanecem intactos, ou então, realizar o processamento de forma a obter os cafés descascados, despulpados e os desmucilados, obtidos por processamento via úmida. Os cafés descascados são obtidos a partir da retirada do exocarpo (casca), podendo também ser retiradas partes do mesocarpo. Já os cafés despulpados, após a retirada do exocarpo, o mesocarpo (mucilagem) é retirado através de fermentação biológica, e nos cafés desmucilados ocorrem retirada do exocarpo e mesocarpo de forma mecânica (BORÉM, 2008; TAVEIRA *et al.*, 2014).

O processamento do café é um dos fatores que define a composição química dos grãos crus devido as alterações metabólicas que ocorrem nos grãos durante o processo, refletindo em variações sensoriais (DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010; KNOPP; BYTOF; SELMAR, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2016; SAATH *et al.*, 2012).

As diferenças na composição química podem ser explicadas pelo desencadeamento do processo germinativo, devido substâncias inibidoras da germinação serem extraídas juntamente com o exocarpo e mesocarpo no processamento. Acredita-se que o processo de germinação ao iniciar após o processamento e passar por uma dessecação leve durante a secagem existe uma transformação químicas, acarretando em alterações sensoriais (BYTOF *et al.*, 2007; SELMAR *et al.*, 2006). Dessa forma, entende-se que a diferença na doçura entre cafés naturais e descascados pode ser explicada pelo fato de que nos cafés processados via úmida parte dos açúcares foi consumida no processo de germinação. De forma geral, os cafés obtidos pelo processamento via seca originam perfis sensoriais com corpo mais acentuado, alta doçura, acidez moderada e complexidade de sabores e aroma, já cafés em pergaminho são descritos com acidez mais elevada e aroma suave (SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009).

Acontecem também transformações no aspecto físico dos grãos de café. A coloração do endosperma é um atributo bastante alterado conforme o processamento adotado. Cafés processados via seca apresentam maior variação na coloração quando comparados aos cafés processados via úmida e armazenados por até oito meses (AFONSO JÚNIOR; CORRÊA,

2003). Cafés processados via úmida podem apresentar uma elevação da luminosidade em função de susceptibilidade à danos mecânicos, acarretando maior branqueamento dos grãos quando comparados aos cafés obtidos via seca. Entretanto, cafés descascados apresentam naturalmente coloração verde azulada, cor esta desejável, este comportamento é caracterizado pela redução dos valores das coordenadas cromáticas a e b nos cafés processados via úmida (CORRÊA; AFONSO JÚNIOR; PINTO, 2002).

Com relação aos aspectos fisiológicos, existem processos metabólicos ativos em ambos os tipos de processamento (SELMAR *et al.*, 2006). Contudo, a presença do exocarpo nos cafés naturais associado ao maior teor de água nos frutos quando comparado ao processamento via úmida, predispõe que grãos de cafés processados via seca ficam expostos ao ar de secagem por períodos maiores, favorecendo o risco de danos térmicos, ataques de microrganismos e perda da integridade das membranas celulares, reduzindo a qualidade sensorial e fisiológica antes mesmo do armazenamento (ALVES, 2013; MALTA *et al.*, 2013; ROSA *et al.*, 2013; SAATH *et al.*, 2014; TAVEIRA *et al.*, 2012). Estas circunstâncias aumentam a sensibilidade dos cafés naturais durante o armazenamento, existindo uma tendência de redução de qualidade de forma mais intensa se comparada aos cafés descascados (SAATH *et al.*, 2012).

### 2.3 Armazenamento do café

O armazenamento de grãos tem como objetivo estocar um produto por um determinado período de tempo, garantindo a preservação de suas características físicas, químicas e bioquímicas. No entanto, fatores como qualidade e metabolismo do próprio grão, teor de água inicial do produto, condições ambientais do armazém, tipo de embalagem e tempo de armazenamento influenciam na manutenção destas características, podendo ocasionar degradação dos compostos químicos afetando negativamente os aspectos sensoriais da bebida (ABREU, 2018; ABREU *et al.*, 2017; BORÉM *et al.*, 2013, 2021; RENDÓN; SALVA; BRAGAGNOLO, 2014).

Autores têm observado maior deterioração das membranas celulares e conseqüentemente variações significativas na lixiviação de potássio e condutividade elétrica de café durante o armazenamento (ANDRADE, 2017; CORRÊA *et al.*, 2003). A ocorrência de maiores valores nos testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio indicam rompimento das membranas celulares ou mesmo da parede celular, que é acompanhada pelo extravasamento de solutos e desordem celular. Outros estudos relatam que o aumento da respiração dos grãos acarreta no maior consumo de açúcar, causando decréscimo do conteúdo

de açúcares nos grãos de cafés ao longo do armazenamento (REINATO *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2011).

A respeito das modificações físicas, como alterações nos padrões de coloração dos grãos, observa-se a ocorrência do fenômeno conhecido como branqueamento, que consiste na mudança da tonalidade verde azulada para marrom-clara e esbranquiçada, mesmo em condições adequadas de armazenamento (ABREU *et al.*, 2015; BORÉM *et al.*, 2013; SELMAR; BYTOF; KNOPP, 2008).

O uso de embalagens permeáveis (juta), comumente usada no armazenamento convencional de grãos de café, permite a variação do conteúdo de água dos grãos e maior interação com o ar ambiente. Nessas condições, a velocidade de deterioração é mais acentuada, e quando os grãos são submetidos à análise sensorial é possível identificar sabor e aroma marcantes de madeira, papelão e juta. A presença desses aspectos sensoriais negativos na bebida também é denominada como “safra velha” (ANDRADE, 2017). Para Borém *et al.* (2021), estudos que envolvem a composição química associada ao envelhecimento do café têm mostrado que os cafés cereja descascado são mais estáveis que os naturais, exibindo mudanças químicas que impactam menos a bebida. Os autores discutem ainda que compostos marcadores podem ser associados ao envelhecimento, como 1-hidróxi-2-propanona, furfural e piridina, presentes nos cafés após três meses de armazenamento, e depois torrados. Apesar de mudanças químicas ocorrerem nos grãos já nos primeiros meses de armazenamento, sensorialmente essas mudanças só ficam evidentes a partir de 6 meses de armazenamento (ABREU, 2018; BORÉM *et al.*, 2019).

Uma forma de se controlar a velocidade de deterioração dos grãos e a proliferação de agentes externos, consiste em controlar o ambiente de armazenamento, por meio de atmosferas artificiais. Recentemente, estudos demonstraram eficiência no uso de embalagens capazes de modificar passivamente a concentração de gases no interior da embalagem, fazendo que com o produto acondicionado apresente drástica redução da atividade metabólica, suavizando as perdas das características iniciais por maiores períodos (ANDRADE, 2017; BORÉM, 2008; CHITARRA; CHITARRA, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2011; VALLARINO; OSORIO, 2019).

O conceito de atmosfera artificial é usado também na refrigeração do ar de armazém, controlando as condições de temperatura e umidade relativa. Alguns trabalhos têm demonstrado a viabilidade dessa técnica, aumentando o período de armazenamento e diminuindo os processos de deterioração com a redução da temperatura da massa de grãos (ABREU *et al.*, 2017; ROSA *et al.*, 2013).

Mesmo com todos os avanços tecnológicos, nenhuma técnica em uso é capaz de conservar a qualidade inicial dos grãos e parar o fenômeno do envelhecimento dos grãos (ABREU, 2018; ANDRADE, 2017; BORÉM *et al.*, 2013, 2021; RIBEIRO *et al.*, 2011).

No armazenamento, atmosferas artificiais ocorrem quando existe alguma interferência no ar ambiente, seja por controle da composição química do ar ou pelo simples isolamento hermético do ambiente. Essas técnicas de armazenamento têm como principal objetivo a redução das trocas gasosas entre ar ambiente e massa de grãos. Assim, há uma redução da atividade metabólica do grão, mantendo as características iniciais por maior período de armazenamento (BORÉM, 2008). Atmosferas artificiais podem ser divididas entre ativas e passivas. Quando são ativas, tem-se a atmosfera controlada, onde há controle da composição química do ar atmosférico, por remoção ou adição de oxigênio, injeção ou remoção de outros gases, ou mesmo o controle da temperatura de armazenamento. Em uma atmosfera artificial passiva, a região de armazenamento é isolada hermeticamente e não é alterada quanto à sua composição, as alterações somente ocorrem devido à respiração dos produtos agrícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nesse contexto, a refrigeração é um dos métodos eficazes para conservar produtos com características desejáveis semelhante a seu estado inicial, retardando a respiração, processo de senescência, alterações químicas e enzimáticas, controlando, assim, o avanço do processo deteriorativo nos produtos agrícolas durante o armazenamento (ABREU, 2015; SAATH *et al.*, 2014; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009; VALLARINO; OSORIO, 2019). A utilização de ambiente refrigerado para o armazenamento de grãos de cafés, oferece efeitos benéficos em decorrência da maior concentração de enzimas catalase, peroxidase e álcool desidrogenase (ABREU *et al.*, 2018).

O uso de embalagens herméticas com injeção de CO<sub>2</sub>, ou mesmo a redução da pressão parcial de O<sub>2</sub> (hiperbárico) foram avaliadas de forma positiva, no entanto, estas técnicas apresentam custo elevado e difícil operação (RIBEIRO *et al.*, 2011). Recentemente, avaliou-se o desempenho de embalagens desenvolvidas por empresas para o acondicionamento de grãos crus de café especiais. Os resultados dessa pesquisa comprovaram que os grãos de café que foram acondicionados em embalagens com alta barreira a gases, vapor d'água e luz se comportam de forma semelhante aos grãos armazenados nas embalagens a vácuo. Esta proteção oferecida pelas embalagens impermeáveis é eficiente para conservar as características sensoriais, físicas e químicas dos grãos por períodos mais longos de armazenamento, ou mesmo, durante o processo de exportação dos grãos (ANDRADE, 2017; BORÉM *et al.*, 2019).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Planejamento experimental

O experimento foi instalado segundo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema fatorial 2 x 3 x 2 (dois ambientes de armazenamento, três lotes de cafés (com qualidade e processamento diferenciados) e dois tipos de embalagens). Foi estudado o efeito dos tratamentos ao longo dos 9 meses de armazenamento, com amostragens aos 0, 6 e 9 meses após a instalação do experimento. Na Tabela 1 é apresentado o resumo do desenho experimental.

Tabela 1 - Desenho Experimental.

Condição de Armazenamento	Qualidade da Bebida	Processamento	Embalagem
Ambiente (A)	82	Via úmida (CD)	Alta Barreira (AB) Juta (J)
		Via seca (N)	Alta Barreira (AB) Juta (J)
Refrigerado (R)	84	Via seca (N)	Alta Barreira (AB) Juta (J)
		Via úmida (CD)	Alta Barreira (AB) Juta (J)
	82	Via seca (N)	Alta Barreira (AB) Juta (J)
		Via seca (N)	Alta Barreira (AB) Juta (J)

Fonte: Do autor (2023).

#### 3.2 Caracterização dos cafés, embalagens, condições de armazenamento e amostragem

Os cafés (*Coffea arabica* L.) especiais foram providos de lotes comerciais fornecidos pela Syngenta - NuCoffee. Os lotes de café natural e cereja descascado foram previamente amostrados e caracterizados quanto à bebida, um lote com nota 82 pontos, outro com nota 84 pontos, de acordo com a escala da Specialty Coffee Association (SCA).

Os grãos de cafés foram acondicionados em dois tipos de embalagens: embalagem permeável a umidade e gases; e embalagem estruturada de alta barreira a gases, umidade e luz. As embalagens utilizadas possuem capacidade de 10 kg.

O armazenamento dos grãos foi realizado em condição ambiente sem controle de temperatura e em ambiente refrigerado, no Armazém Logística Integrada Varginha, em Varginha – MG. A fim de evitar os efeitos externos, foi proposto uma pilha para cada tempo de amostragem devidamente espaçadas entre si, constituídas com 70 sacas de 60 kg de café. As amostras experimentais foram colocadas no centro das pilhas, criando-se uma bordadura, tanto em condição ambiente, como em condição refrigerada. As pilhas refrigeradas foram montadas dentro de um Coocoon Lite 005, que delimitou o espaço refrigerado. As amostras foram codificadas segundo a condição de armazenamento (A = Ambiente; R = Refrigerado), tipo de processamento (Via seca = N; Via úmida = CD), qualidade da bebida (82 ou 84), tipo de embalagem (Alta barreira = AB; Juta = J) e tempo de armazenamento (0, 6 ou 9), como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Codificação dos tratamentos armazenados por 0, 6 e 9 meses.

(continua)					
<b>Condição de Armazenamento</b>	<b>Tipo de Processamento</b>	<b>Qualidade da bebida</b>	<b>Tipo de Embalagem</b>	<b>Tempo de armazenamento</b>	<b>Código da amostra</b>
Ambiente (A)	Via úmida (CD)	82	Alta barreira (AB)	0 meses	ACD82AB
				6 meses	ACD82AB
				9 meses	ACD82AB
			Juta (J)	0 meses	ACD82J
				6 meses	ACD82J
				9 meses	ACD82J
Resfriado (R)	Via úmida (CD)	82	Alta barreira (AB)	0 meses	RCD82AB
				6 meses	RCD82AB
				9 meses	RCD82AB
			Juta (J)	0 meses	RCD82J
				6 meses	RCD82J
				9 meses	RCD82J
Ambiente (A)	Via seca (N)	82	Alta barreira (AB)	0 meses	AN82AB
				6 meses	AN82AB
				9 meses	AN82AB
			Juta (J)	0 meses	AN82J
				6 meses	AN82J
				9 meses	AN82J
Resfriado (R)	Via seca (N)	82	Alta barreira (AB)	0 meses	RN82AB
				6 meses	RN82AB
				9 meses	RN82AB
			Juta (J)	0 meses	RN82J
				6 meses	RN82J
				9 meses	RN82J

Tabela 2 – Codificação dos tratamentos armazenados por 0, 6 e 9 meses.

(continua)					
Condição de Armazenamento	Tipo de Processamento	Qualidade da bebida	Tipo de Embalagem	Tempo de armazenamento	Código da amostra
Ambiente (A)	Via seca (N)	84	Alta barreira (AB)	0 meses	AN84AB
				6 meses	AN84AB
				9 meses	AN84AB
			Juta (J)	0 meses	AN84J
				6 meses	AN84J
				9 meses	AN84J
Resfriado (R)	Via seca (N)	84	Alta barreira (AB)	0 meses	RN84AB
				6 meses	RN84AB
				9 meses	RN84AB
			Juta (J)	0 meses	RN84J
				6 meses	RN84J
				9 meses	RN84J

Fonte: Do autor (2023).

A refrigeração foi obtida por aerador artificial da empresa Coolseed, que manteve a temperatura da massa de grãos entre 15 e 18 °C. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram registrados diariamente, por meio de termohigrógrafos instalados na área experimental.

Foram realizadas 3 amostragens para avaliação da qualidade, a primeira no início do armazenamento, outra com 6 meses de armazenamento e, por fim, a terceira com 9 meses de armazenamento.

### 3.2.1 Concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens

A concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens foi medida no momento da coleta das amostras, por meio de analisador de gases marca UEI, modelo C20. Os resultados foram expressos em porcentagem de CO<sub>2</sub>.

## 3.3 Análises físicas de caracterização da qualidade dos cafés

### 3.3.1 Teor de água

O teor de água dos grãos crus de café foi determinado em estufa a 105 °C ± 1 °C por 16 horas ± 0,5 h, conforme o método padrão internacional da ISO 6673 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 2003). Os grãos foram colocados na

estufa em duplicata e por diferença da massa inicial e a final do produto foi obtida a quantidade de água presente nos grãos.

### **3.3.2 Cor**

A avaliação da cor foi conduzida por meio do colorímetro Minolta® CR 310 (iluminante C e ângulo 10°), no qual mediu-se os parâmetros L (luminosidade), a e b (coordenadas de cromaticidade). Nesse sistema, L indica a luminosidade, que varia de zero 0, (correspondente à cor preta), até 100, (correspondente à cor branca). As coordenadas a e b indicam as direções que a cor pode assumir, valores positivos de a, correspondente ao vermelho e valores negativos, ao verde. De forma semelhante, valores positivos de b correspondem ao amarelo e os valores negativos, ao azul.

### **3.3.3 Massa específica aparente**

A massa específica aparente foi dada utilizando-se uma balança de peso hectolitro com capacidade de um litro. O resultado representa a média de três repetições para cada amostra, expresso em  $\text{kg.m}^{-3}$ .

## **3.4 Análise químicas de caracterização da qualidade dos cafés**

A preparação das amostras para a realização das análises químicas se deu pela moagem dos grãos de café, por cerca de 1 minuto, em moinho 11A basic. A fim de facilitar a moagem e evitar oxidações, fez-se a adição de nitrogênio líquido. Após a moagem, as amostras foram acondicionadas em tubos falcon em ambiente sem presença de luz e à temperatura de  $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até a realização das análises.

### **3.4.1 Perfil de ácidos graxos livres**

Para a determinação dos ácidos graxos, 250 mg de grão de café verde moído, de cada amostra, foram pesados e colocados em tubos de centrífuga de 2,5 mL, e adicionou-se posteriormente 1,0 mL de hexano a eles. Em seguida, os tubos foram colocados e mantidos em banho ultrassônico por 10 minutos em temperatura ambiente. Posteriormente, os tubos foram centrifugados por 2 minutos a 5.000 rpm. Uma parte de 500 mL de cada sobrenadante foi

transferida para tubos criogênicos de 2,0 mL. O hexano residual presente na alíquota foi evaporado no exaustor e o teor de ácidos graxos encaminhado para as etapas de hidrólise lipídica.

Para a hidrólise lipídica, aproximadamente 10 mg de óleo extraído foram diluídos em 100 µl de etanol (95%) e hidróxido de potássio, solução a 1 mol/L (5%). Após 10 segundos de agitação do Vortex, o óleo foi hidrolisado utilizando um forno micro-ondas convencional de 80 W, durante 5 minutos. Após o resfriamento, foram adicionados 400 µL de ácido clorídrico a 20%, uma pequena quantidade de NaCl e 600 µL de acetato de etila. Em seguida, foram agitados no Vortex por 10 segundos e deixados em repouso por 5 minutos. 300 µL da camada orgânica foram removidos, colocados em tubos de microcentrífuga e secados por evaporação, obtendo-se os ácidos graxos livres (CHRISTIE, 1989).

Os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µL de BF<sub>3</sub> / metanol (14%) e aquecidos em banho-maria, a 80 °C por 10 minutos. Posteriormente, foram diluídos com 300 µL de metanol e analisados por cromatografia gasosa.

Os ácidos graxos mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolênico, araquídico, eicosenoico, eicosadienoico, beênico, erúxico e lignocérico foram determinados em um cromatógrafo gasoso Shimadzu GC2010 com um detector de ionização de chama. Uma coluna SP-2560 (Supelco) 100 m x 0,25 mm foi utilizada com gradiente de temperatura de 140 °C, 5 minutos, 4 °C.min<sup>-1</sup> até 240 °C permanecendo nessa temperatura por 30 minutos; Injetor (1/20 split), a 240 °C e detector a 240 °C; Hélio como gás de arraste (2 mL.min<sup>-1</sup>) e 2 µl de volume de injeção. A identificação dos picos correspondentes a cada ácido graxo foi feita comparando-os com os padrões de ácidos graxos metilados Supelco37. Os níveis finais foram dados em porcentagem da área relativa.

### 3.4.2 Ácidos orgânicos

Para a determinação de ácidos orgânicos, 250 mg de café verde moído foram pesados e colocados em tubos falcon com 25 mL de ácido perclórico 0,23%. A solução foi agitada por 10 minutos. Posteriormente, o extrato foi filtrado em papel de filtro comum e em seguida, filtrado em membrana de 0,45 µm. A determinação desses compostos foi dada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) com base na metodologia descrita por Jham *et al.* (2002), utilizando-se 10mM de ácido perclórico a uma taxa de fluxo constante de 0,6 mL.min<sup>-1</sup> como fase móvel e a coluna de cromatografia utilizada foi C610H a 50 °C, monitorada por espectrofotometria de UV a 210 nm.

Soluções padrão de ácidos cítrico, málico, tartárico, succínico, lático, quínico e acético foram utilizadas para a identificação dos picos do cromatograma, comparações dos tempos de retenção e para o cálculo de sua concentração nas amostras. Os níveis finais de ácidos orgânicos foram dados em porcentagem de matéria seca (% m.s).

### **3.4.3 Cromatografia gasosa**

As análises cromatográficas foram realizadas após o término da condução do experimento para análise dos compostos voláteis dos grãos torrados. Os grãos torrados de cada tempo foram armazenados em deepfreezer (-80 °C). As amostras torradas foram moídas por cerca de 1 minuto, em moinho 11A basic (IKA, Brasil), adicionando-se nitrogênio líquido para facilitar a moagem e evitar oxidações nas amostras. Após a moagem, 1 grama de cada amostra foi adicionado em vials herméticos.

Os compostos voláteis foram extraídos utilizando o headspace estático do equipamento GC-MS modelo QP - 2010 SE (Shimadzu) equipado com uma coluna NST- 100 (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm) com fase de polietilenoglicol similar a Carbowax®. Os vials contendo as amostras foram colocados no equipamento e após o equilíbrio a 70°C durante 30 min, a fase volátil foi injetada no cromatógrafo gasoso (GC) com posterior detecção utilizando espectrômetro de massa (MS).

A temperatura do injetor foi ajustada a 220 °C, e o gás hélio, utilizado como transportador, mantido a uma taxa de fluxo de 1 mL / min de velocidade linear.

#### **3.4.3.1 Identificação dos compostos voláteis**

Após a separação por cromatografia gasosa, os compostos voláteis foram identificados por um detector de massas acoplado ao CG. A identificação dos compostos foi baseada nos espectros obtidos na espectrometria de massas com ionização por elétrons a 70 e V de 50 a 350 m/z e comparados com os dados da biblioteca de espectros de massa NIST/2014.

### **3.4.4 Compostos Bioativos**

Os compostos não-voláteis cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), segundo metodologia adaptada de Vitorino *et al.* (2001). Amostras de 0,5 g de café cru moído foram extraídas em 50

mL água destilada em ebulição e colocadas em banho-maria, com água em ebulição, durante 3 minutos. O extrato foi filtrado em papel de filtro comum e, em seguida, filtrado em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ . A determinação desses compostos foi realizada em cromatógrafo da marca Agilent 1260, com sistema de detecção por arranjo de diodos (modelo SPD-M10A), coluna cromatográfica Discovery C18 (250 x 4,6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ), comprimento de onda de 272 nm. A fase móvel constituiu-se de metanol:água:ácido acético (20:80:1), com fluxo de 1 mL.min<sup>-1</sup>. Para a identificação e análise quantitativa, foi elaborada curva-padrão, utilizando-se padrões de cafeína, trigonelina e ácido-5-cafeiolquínico (5-ACQ).

### **3.5 Análise sensorial**

No presente trabalho, a análise sensorial foi realizada por juízes certificados pelo CQI (Coffee Quality Institute), também conhecidos como Q-graders. As amostras foram preparadas com base no protocolo da SCA (Specialty Coffee Association), com torra moderadamente leve de grãos de café peneira 16 e acima, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torração estivesse entre 8 e 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência de 24 horas antes da degustação e descanso mínimo de 8 horas. Para padronizar a torra e resgatar a experiência sensorial dos degustadores nos diferentes períodos de armazenamento, amostras dos cafés torrados da primeira avaliação sensorial foram armazenadas a -80 °C, nestas condições as alterações de aroma e sabor são mínimas.

O formulário de degustação utilizado constou de uma lista pré-definida de características sensoriais para aroma, sabor, acidez, corpo e defeitos, aplicando a técnica Check All That Apply (CATA). De forma complementar, foi apresentada uma escala de intensidade com variação entre 0 e 10, para os atributos doçura, acidez, corpo, adstringência, safra velha e finalização. Posteriormente, os Q-graders, por meio de sua percepção e memória sensorial, deram uma nota para a amostra de acordo com sua impressão global. Assim, por meio do formulário desenvolvido foi possível realizar a descrição sensorial, intensidade dos atributos e nota para cada amostra.

### **3.6 Análise estatística**

Os resultados obtidos das análises físicas foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e quando diferenças significativas foram detectadas no teste F, foi aplicado o teste de Scott Knott, a 5 % de significância para os tratamentos.

Das análises sensoriais, os dados de aroma, sabor, tipo de acidez e tipo de corpo foram submetidos à análise multifatorial. Já os resultados de nota final e intensidade dos atributos, estes foram submetidos à análise multivariada por meio da análise de componentes principais (PCA) e ANAVA, assim como os resultados obtidos das análises químicas.

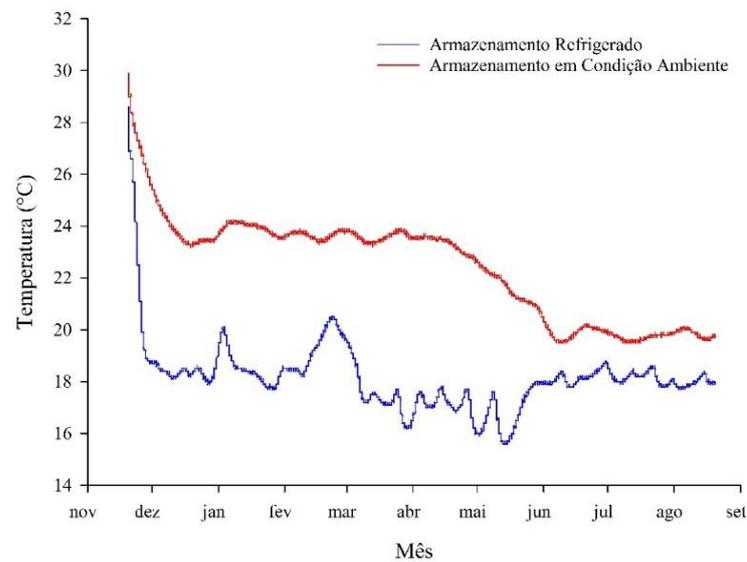
As análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio dos softwares estatísticos SISVAR e R Statistics.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Monitoramento da Temperatura e Umidade relativa

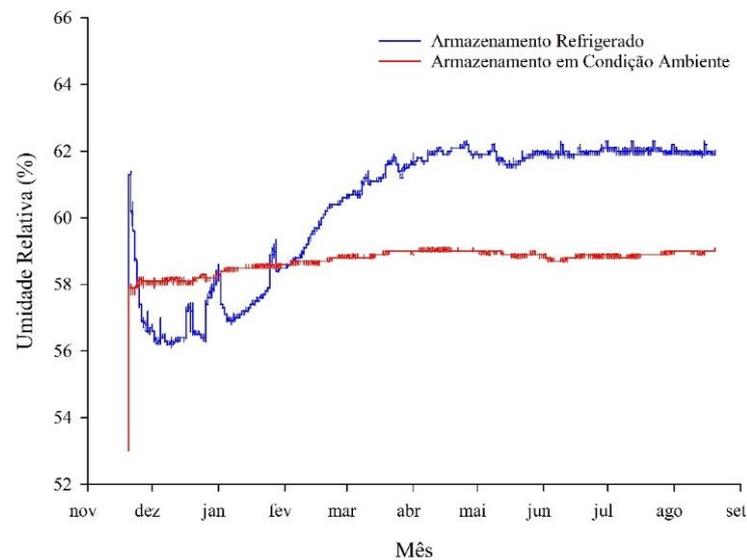
Os valores da temperatura média e os valores de umidade relativa média para o armazenamento refrigerado e para armazenamento em condição ambiente durante 9 meses são apresentados, respectivamente, nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Temperatura média do armazenamento refrigerado e armazenamento em condição ambiente durante 9 meses.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 2 - Umidade relativa média do armazenamento refrigerado e armazenamento em condição ambiente durante 9 meses.



Fonte: Do autor (2023).

A temperatura média no armazenamento refrigerado foi de 18 °C e a umidade relativa média foi de 60%, já para o armazenamento em condição ambiente a temperatura média foi de 22,5 °C e umidade relativa média foi de 58 °C.

Inicialmente, no armazenamento refrigerado, houve um decréscimo rapidamente dos valores de temperatura, porém após esse período inicial houve dificuldade em alcançar temperaturas ainda mais amenas no centro da pilha. Nota-se que no ambiente refrigerado houve também uma variação maior da umidade relativa no centro da pilha, apresentando valores acima de 60% durante longo período do armazenamento. Em equilíbrio com esses valores de umidade relativa, grãos crus de café podem atingir teor de água de até 13,1% quando acondicionados em embalagens permeáveis ao vapor d'água, teor de água não recomendado para o armazenamento (BORÉM, 2008).

Para o armazenamento em condição ambiente, notou-se que com a chegada do inverno houve um decréscimo da temperatura de armazenamento, anteriormente os valores eram próximos de 24 °C. Porém os valores de umidade tiveram pequena variação durante o armazenamento.

#### 4.2 Concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens

Os valores para a concentração de CO<sub>2</sub>, no interior das embalagens, e resumo ANAVA são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Concentração de CO<sub>2</sub> das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses.

(continua)

TRATAMENTO	TEMPO	CO <sub>2</sub> (%)
ACD82AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,20 <sup>b</sup>
	9	0,50 <sup>c</sup>
ACD82J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>
RCD82AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,14 <sup>b</sup>
	9	0,49 <sup>c</sup>
RCD82J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>

Tabela 3 - Concentração de CO<sub>2</sub> das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses.

(conclusão)

TRATAMENTO	TEMPO (meses)	CO <sub>2</sub> (%)
AN82AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,170 <sup>a</sup>
	9	0,440 <sup>b</sup>
AN82J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>
RN82AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,170 <sup>a</sup>
	9	0,470 <sup>b</sup>
RN82J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>
AN84AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,170 <sup>a</sup>
	9	0,500 <sup>b</sup>
AN84J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>
RN84AB	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,240 <sup>b</sup>
	9	0,540 <sup>c</sup>
RN84J	0	0,035 <sup>a</sup>
	6	0,035 <sup>a</sup>
	9	0,035 <sup>a</sup>

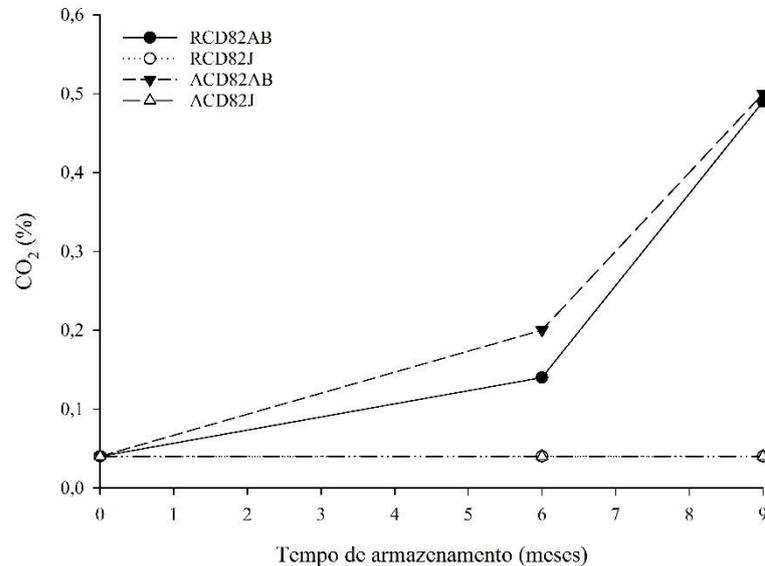
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados evidenciam que as diferentes embalagens e o tempo de armazenamento tiveram interação significativa, e que a concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens de alta barreira mesmo em ambiente refrigerado tiveram valores similares quando comparados aos grãos de cafés armazenados em temperatura ambiente. As concentrações de CO<sub>2</sub>, ao longo do tempo, nos cafés processados via úmida e via seca, são mostradas nas Figuras 3, Figura 4 e Figura 5.

Figura 3 - Concentração de CO<sub>2</sub> dos grãos processados por via úmida e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.

CO<sub>2</sub> - CD82

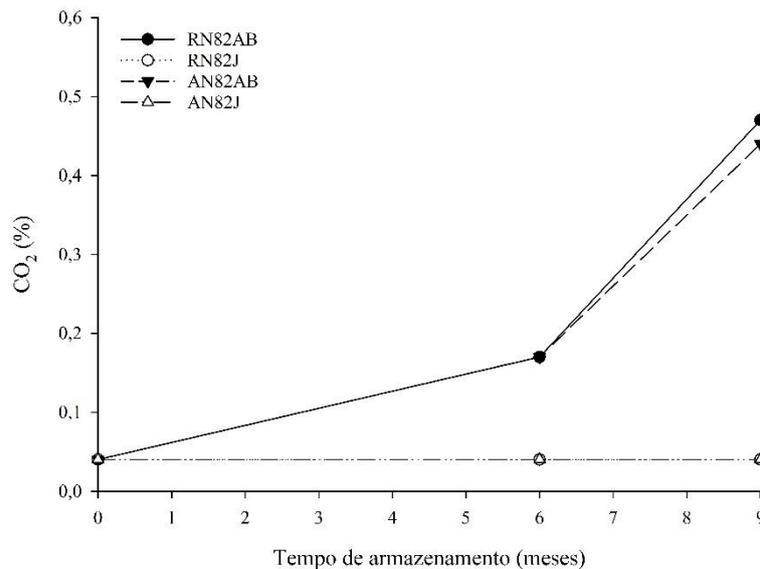


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 4 - Concentração de CO<sub>2</sub> dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.

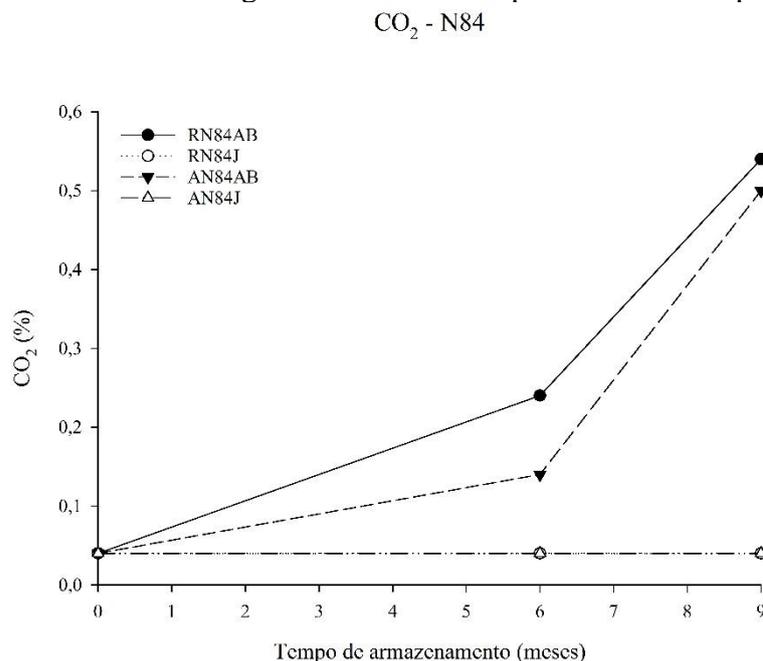
CO<sub>2</sub> - N82



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 5 - Concentração de CO<sub>2</sub> dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados mostram que as embalagens de alta barreira apresentaram maiores concentrações de CO<sub>2</sub> ao longo de 6 e 9 meses comparadas às concentrações presentes nas amostras armazenadas em embalagem de juta. Além disso, nota-se que para todos os tratamentos estudados, as embalagens permeáveis de juta apresentaram estabilidade das concentrações de CO<sub>2</sub>. O aumento na concentração de CO<sub>2</sub> nas embalagens de alta barreira pode estar relacionado à respiração dos grãos, mas também sugere a impermeabilidade da embalagem às trocas gasosas, o que pode refletir em maior conservação da qualidade dos grãos ao longo do tempo.

O CO<sub>2</sub> pode concentrar-se na atmosfera do interior das embalagens a partir da respiração dos grãos ou ser injetado, o que modifica a atmosfera interna da embalagem. As concentrações de dióxido de carbono superiores a 0,03% (valores atmosféricos) sugerem boa impermeabilidade das embalagens às trocas com o ambiente. Além disso, altas concentrações de CO<sub>2</sub> no interior de embalagens têm o efeito positivo na conservação da qualidade dos grãos, pois reduzem a taxa respiratória destes (VALLARINO; OSORIO, 2019).

### 4.3 Análises Físicas

#### 4.3.1 Teor de água

Os valores para teor de água e resumo da ANAVA são mostrados nas Tabela 4 e Tabela 5. Apenas os tratamentos CD82 não tiveram variação no teor de água significativa, tanto em relação ao tipo de embalagem, ambiente e tempo de armazenamento, indicando que estes cafés, nas condições estudadas, apresentaram maior estabilidade durante os 9 meses de armazenamento.

Tabela 4 – Teor de água das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses.

(continua)

TRATAMENTO	TEMPO (meses)	TEOR DE ÁGUA (% b.u.)
ACD82AB	0	10,16 <sup>a</sup>
	6	10,00 <sup>a</sup>
	9	10,19 <sup>a</sup>
ACD82J	0	10,16 <sup>a</sup>
	6	10,14 <sup>a</sup>
	9	10,18 <sup>a</sup>
RCD82AB	0	10,16 <sup>a</sup>
	6	10,15 <sup>a</sup>
	9	10,16 <sup>a</sup>
RCD82J	0	10,16 <sup>a</sup>
	6	10,21 <sup>a</sup>
	9	10,82 <sup>a</sup>
AN82AB	0	10,10 <sup>a</sup>
	6	10,06 <sup>a</sup>
	9	10,24 <sup>a</sup>
AN82J	0	10,10 <sup>a</sup>
	6	10,10 <sup>a</sup>
	9	10,07 <sup>a</sup>
RN82AB	0	10,10 <sup>a</sup>
	6	10,14 <sup>a</sup>
	9	10,03 <sup>a</sup>
RN82J	0	10,10 <sup>b</sup>
	6	11,26 <sup>a</sup>
	9	11,28 <sup>a</sup>
AN84AB	0	9,32 <sup>a</sup>
	6	9,56 <sup>a</sup>
	9	9,44 <sup>a</sup>

Tabela 4 – Teor de água das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses.

(conclusão)		
TRATAMENTO	TEMPO (meses)	TEOR DE ÁGUA (% b.u.)
AN84J	0	9,32 <sup>c</sup>
	6	10,2 <sup>a</sup>
	9	9,94 <sup>b</sup>
RN84AB	0	9,32 <sup>a</sup>
	6	9,43 <sup>a</sup>
	9	9,37 <sup>a</sup>
RN84J	0	9,32 <sup>b</sup>
	6	10,04 <sup>b</sup>
	9	11,07 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \*Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 5 – Resumo da ANAVA aplicada para o teor de água dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) ao longo do tempo.

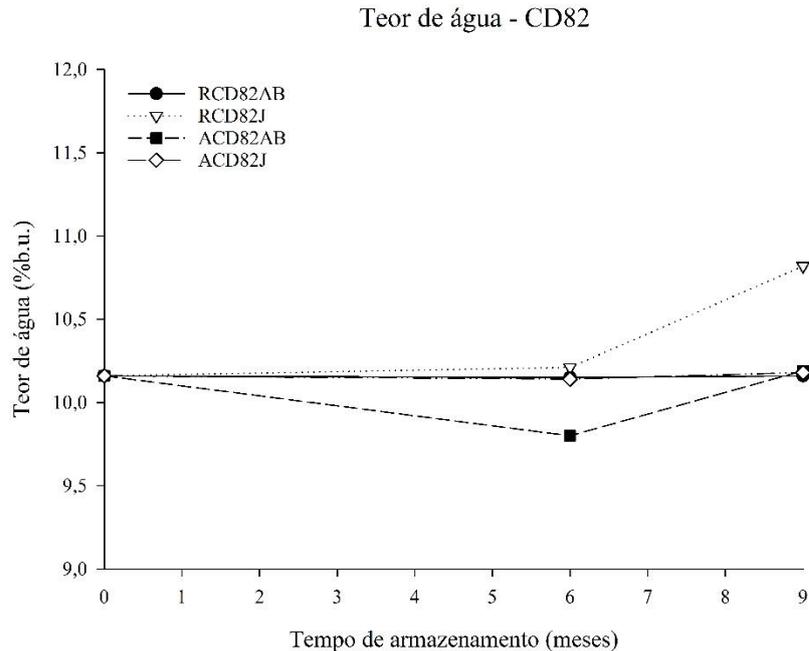
Valores de <i>p</i> para teor de água			
	Tratamento	Tempo	Tratamento*Tempo
ACD82AB	0,00*	0,12 <sup>n.s.</sup>	0,00*
ACD82J	0,00*	0,99 <sup>n.s.</sup>	0,00*
RCD82AB	0,00*	0,98 <sup>n.s.</sup>	0,00*
RCD82J	0,00*	0,44 <sup>n.s.</sup>	0,00*
AN82AB	0,00*	0,24 <sup>n.s.</sup>	0,00*
AN82J	0,00*	0,94 <sup>n.s.</sup>	0,00*
RN82AB	0,00*	0,55 <sup>n.s.</sup>	0,00*
RN82J	0,00*	0,03*	0,00*
AN84AB	0,00*	0,16 <sup>n.s.</sup>	0,00*
AN84J	0,00*	0,00*	0,00*
RN84AB	0,00*	0,31 <sup>n.s.</sup>	0,00*
RN84J	0,00*	0,08*	0,00*

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

O teor de água das demais amostras modificou-se ao longo do tempo, e essa mudança foi mais expressiva para as amostras refrigeradas e embaladas em embalagem de juta, dos cafés processados por via seca independentemente do nível de qualidade, como mostra a Tabela 4.

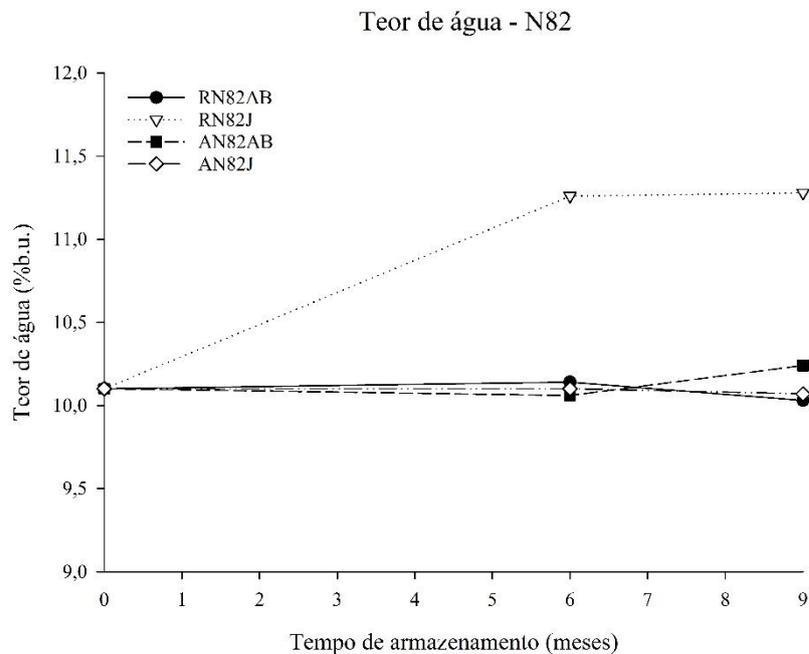
Figura 6 - Teor de água dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

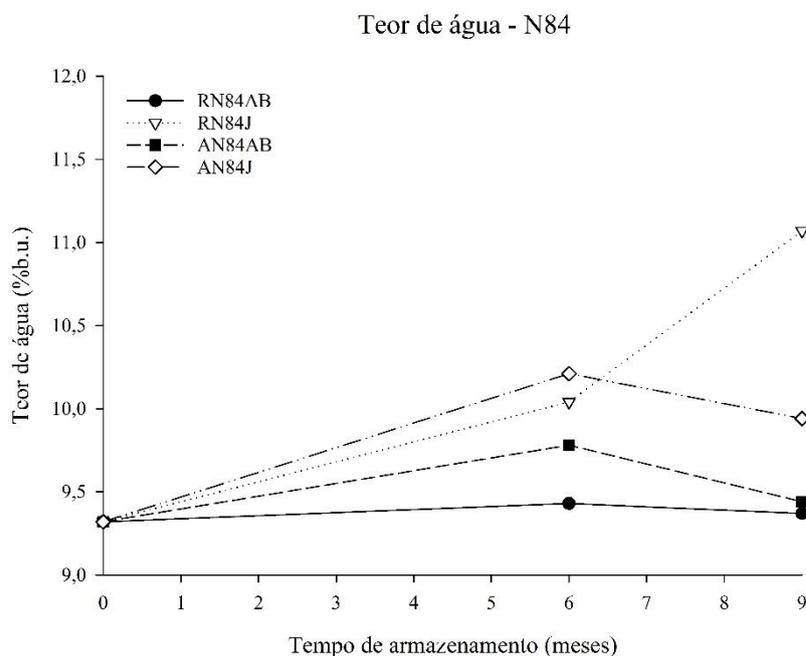
Figura 7 - Teor de água dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 8 - Teor de água dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Esta diferença no teor de água, especialmente para as amostras armazenadas em embalagens de juta em ambiente refrigerado evidencia a permeabilidade oferecida pelo material, o que permite mais trocas dos grãos com o ambiente. Em contrapartida, nos tratamentos com a utilização de embalagens de alta barreira, os gases e umidade não apresentaram diferença significativa na variação do teor de água durante os 9 meses de armazenamento, mesmo em ambiente de armazenamento refrigerado onde o ar frio pode ter umidade relativa elevada. Elevados teores de água podem estar relacionados à perda maior de qualidade ao longo do tempo, visto que estes altos valores influenciam nas reações de oxidação, na atividade enzimática e respiratória induzindo o consumo de matéria seca e acelerando a deterioração dos grãos (BORÉM *et al.*, 2021).

#### 4.3.2 Valores de Luminosidade e coordenadas a e b

Os valores das coordenadas CIE L, a e b são mostrados na Tabela 6. O resumo ANAVA para os mesmos valores são apresentados nos Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9.

Tabela 6 – Coordenadas L, a e b das amostras acondicionadas em diferentes embalagens e diferentes condições de temperatura nos tempos 0, 6 e 9 meses.

TRATAMENTO	TEMPO	L	a	b
ACD82AB	0	43,04 <sup>b</sup>	2,14 <sup>a</sup>	14,01 <sup>b</sup>
	6	45,26 <sup>ab</sup>	2,26 <sup>a</sup>	16,67 <sup>a</sup>
	9	46,07 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	16,73 <sup>a</sup>
ACD82J	0	43,04 <sup>b</sup>	2,14 <sup>b</sup>	14,01 <sup>b</sup>
	6	46,57 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	16,84 <sup>a</sup>
	9	45,70 <sup>ab</sup>	1,59 <sup>a</sup>	16,51 <sup>a</sup>
RCD82AB	0	43,04 <sup>b</sup>	2,14 <sup>a</sup>	14,01 <sup>b</sup>
	6	46,09 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	16,37 <sup>a</sup>
	9	44,44 <sup>ab</sup>	1,69 <sup>a</sup>	17,04 <sup>a</sup>
RCD82J	0	43,04 <sup>b</sup>	2,14 <sup>a</sup>	14,01 <sup>b</sup>
	6	46,20 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	16,23 <sup>a</sup>
	9	47,29 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>	17,84 <sup>a</sup>
AN82AB	0	43,92 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	15,48 <sup>b</sup>
	6	47,43 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	18,41 <sup>a</sup>
	9	45,09 <sup>ab</sup>	1,85 <sup>ab</sup>	18,20 <sup>a</sup>
AN82J	0	43,92 <sup>b</sup>	2,03 <sup>a</sup>	15,48 <sup>b</sup>
	6	46,53 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	18,43 <sup>a</sup>
	9	46,82 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>	18,62 <sup>a</sup>
RN82AB	0	43,92 <sup>a</sup>	2,03 <sup>a</sup>	15,48 <sup>b</sup>
	6	46,29 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	18,10 <sup>a</sup>
	9	46,20 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>	18,85 <sup>a</sup>
RN82J	0	43,92 <sup>a</sup>	2,03 <sup>b</sup>	15,48 <sup>b</sup>
	6	46,30 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	18,35 <sup>a</sup>
	9	46,98 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	18,74 <sup>a</sup>
AN84AB	0	45,20 <sup>b</sup>	1,79 <sup>a</sup>	16,07 <sup>b</sup>
	6	48,70 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	19,11 <sup>a</sup>
	9	47,84 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	18,62 <sup>a</sup>
AN84J	0	45,20 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	16,07 <sup>b</sup>
	6	47,61 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	18,18 <sup>a</sup>
	9	46,06 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	18,77 <sup>a</sup>
RN84AB	0	45,20 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	16,07 <sup>b</sup>
	6	46,12 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	18,18 <sup>a</sup>
	9	45,83 <sup>a</sup>	1,64 <sup>a</sup>	18,32 <sup>a</sup>
RN84J	0	45,20 <sup>b</sup>	1,79 <sup>a</sup>	16,07 <sup>b</sup>
	6	48,30 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	18,78 <sup>a</sup>
	9	48,96 <sup>a</sup>	1,34 <sup>b</sup>	18,86 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \*Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 7 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

	Valores de <i>p</i> para as coordenadas L, a e b								
	Tratamento			Tempo			Tratamento*Tempo		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
ACD82AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,01*	0,08 <sup>n.s.</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
ACD82J	0,00*	0,00*	0,00*	0,05*	0,02*	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*
RCD82AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,05*	0,12 <sup>n.s.</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
RCD82J	0,00*	0,00*	0,00*	0,00	0,12 <sup>n.s.</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 8 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

	Valores de <i>p</i> para as coordenadas L, a e b								
	Tratamento			Tempo			Tratamento*Tempo		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AN82AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,02*	0,04*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
AN82J	0,00*	0,00*	0,00*	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
RN82AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,14 <sup>n.s.</sup>	0,85 <sup>n.s.</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
RN82J	0,00*	0,00*	0,00*	0,13 <sup>n.s.</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 9 – Resumo da ANAVA aplicada aos valores de L, a e b dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.

	Valores de <i>p</i> para as coordenadas L, a e b								
	Tratamento			Tempo			Tratamento*Tempo		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
AN84AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,01*	0,32	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
AN84J	0,00*	0,00*	0,00*	0,29 <sup>n.s.</sup>	0,27	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
RN84AB	0,00*	0,00*	0,00*	0,47 <sup>n.s.</sup>	0,55	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
RN84J	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*

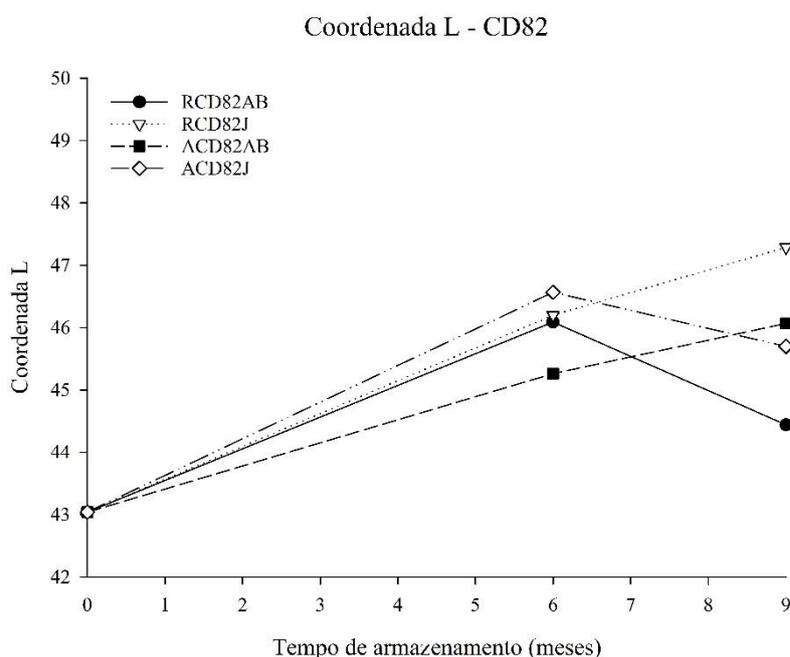
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados descritos na Tabela 6 mostram que houve variação na luminosidade em todos os tratamentos com cafés processados via úmida ao longo do tempo. As amostras RCD82AB e RN84AB mostraram menor variação em relação a esse parâmetro ao fim dos 9 meses de armazenamento, indicando que existe uma interação positiva de embalagem alta barreira em ambiente refrigerado. Porém quando combinado embalagem de juta com ambiente refrigerado os valores de luminosidade foram maiores, o maior valor de luminosidade foi observado para a amostra RN84J após nove meses de armazenamento. Dessa forma, as amostras embaladas em juta apresentaram maior branqueamento ao longo do tempo. Este fato sugere que a embalagem foi um fator de maior impacto no branqueamento dos grãos, quando comparado com a temperatura de armazenamento.

As alterações de cor podem ser resultado de degradação bioquímica durante a respiração dos grãos, o que contribui para a redução da qualidade. Os resultados corroboram os de Abreu *et al.* (2015) e Borém *et al.* (2013), em que discutem que embalagens de juta não são adequadas para o armazenamento de cafés especiais e manutenção de sua qualidade.

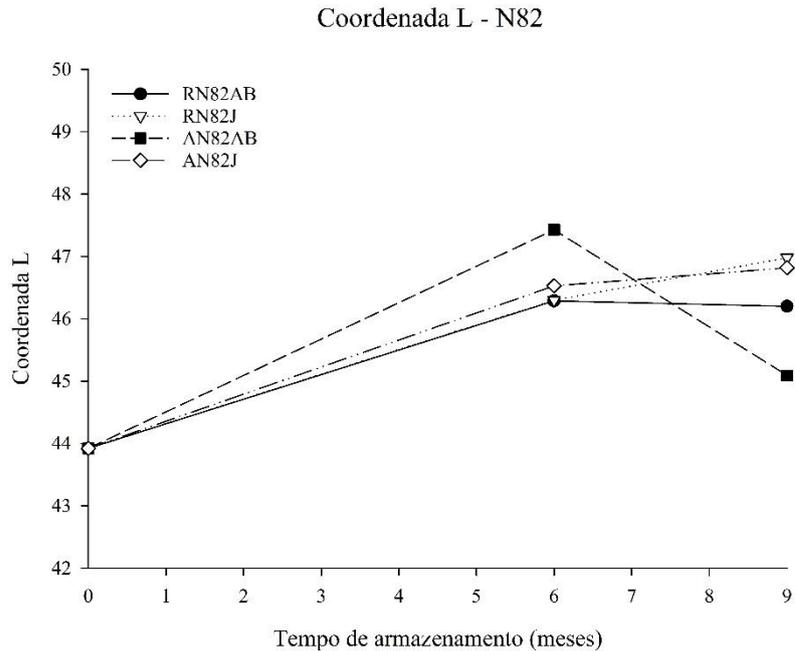
Figura 9 - Luminosidade dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

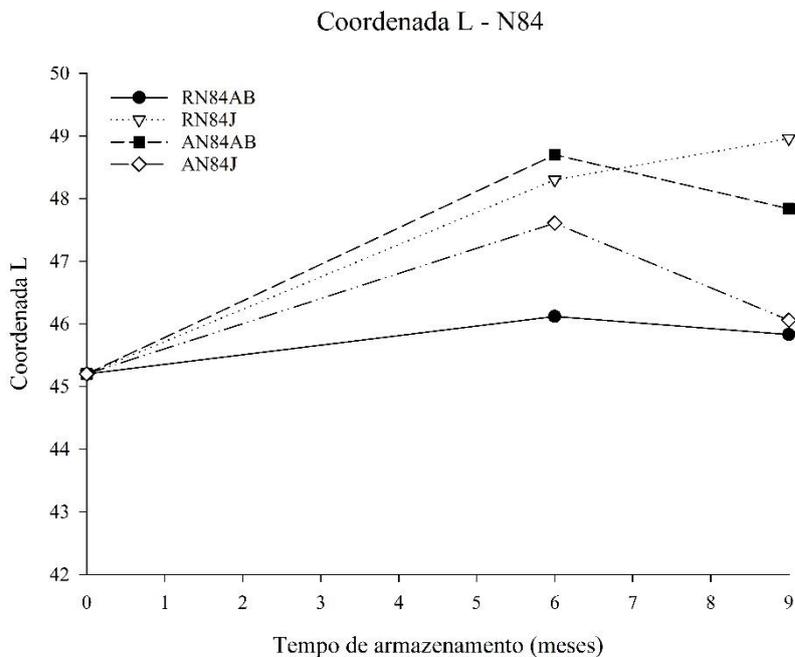
Figura 10 - Luminosidade dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 11 - Luminosidade dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.

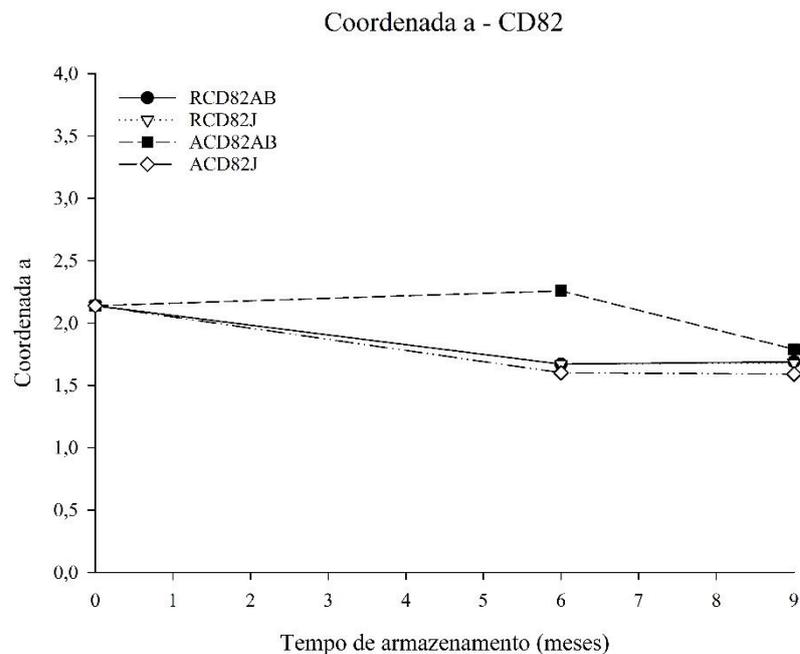


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados para a coordenada a são mostrados na Tabela 6 e nas Figura 13, Figura 14 e Figura 15. A diferença nos tratamentos CD82 não foi substancial ao longo do tempo, foi significativo somente para o tratamento ACD82J, no entanto para os outros tratamentos, houve uma queda nos valores da coordenada a, mostrando uma aproximação da coloração verde em relação à vermelha. A queda nos valores de a para os tratamentos N82 também foi observada ao longo dos 9 meses, com ligeiro aumento após 6 meses de armazenamento. Menores variações nos valores de a foram observadas para as amostras RN82AB e AN82AB, evidenciando que as embalagens de alta barreira representaram maior proteção quanto à variação dessa variável ao longo do tempo. Comportamento semelhante foi observado para as amostras RN84AB e AN8AB.

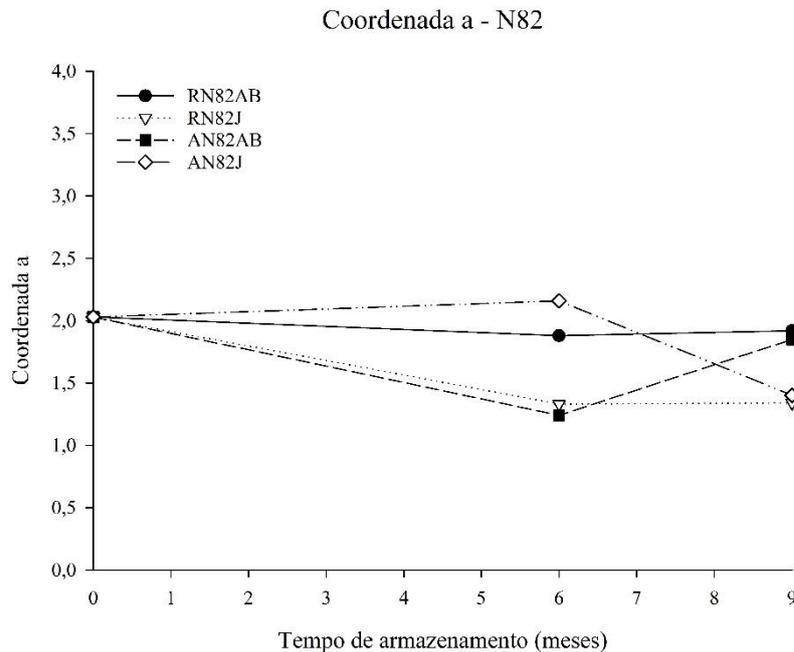
Figura 12 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

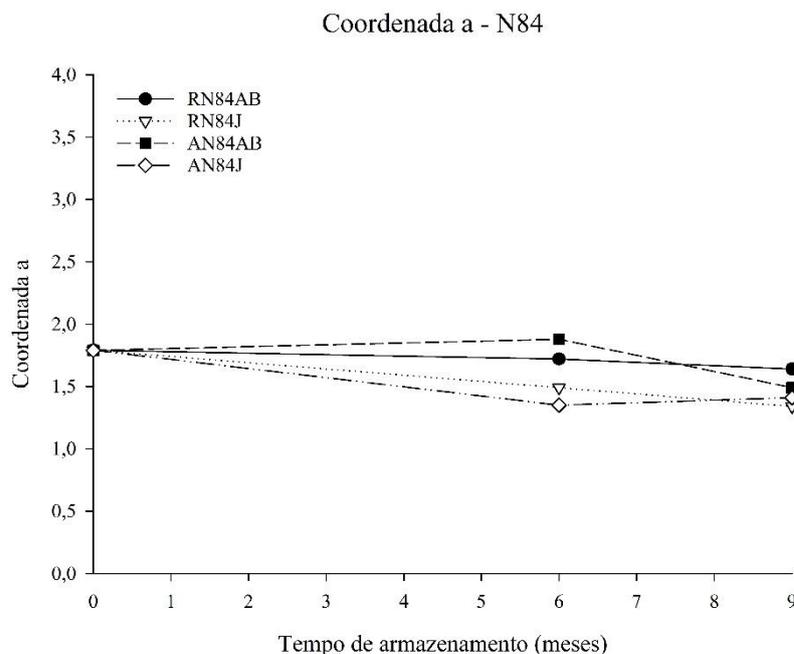
Figura 13 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 14 - Valores da Coordenada a dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



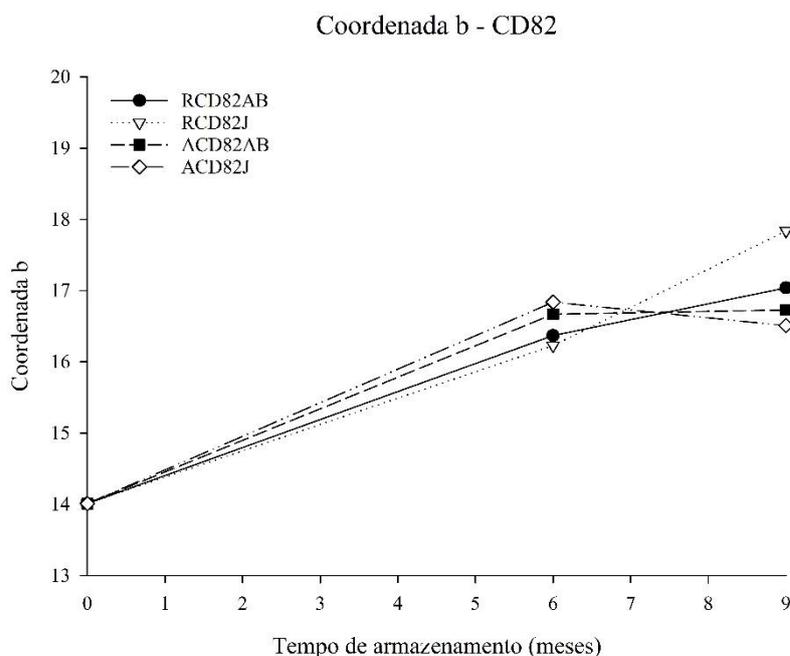
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados para a coordenada b são mostrados na Tabela 6 e na Figura 15, Figura 16 e Figura 17. Não houve diferença significativa nos valores de b entre os diferentes tratamentos, mas a diferença foi significativa ao longo do tempo de armazenamento.

A maior diferença entre os tratamentos ao longo do tempo foi observada para a amostra RCD82J. Nos demais tratamentos, o aumento aconteceu de forma semelhante entre as amostras. O aumento dos valores de b evidenciam amarelamento das amostras ao longo do tempo mas, neste caso, as embalagens e a temperatura de armazenamento não exerceram influência significativa nesse processo.

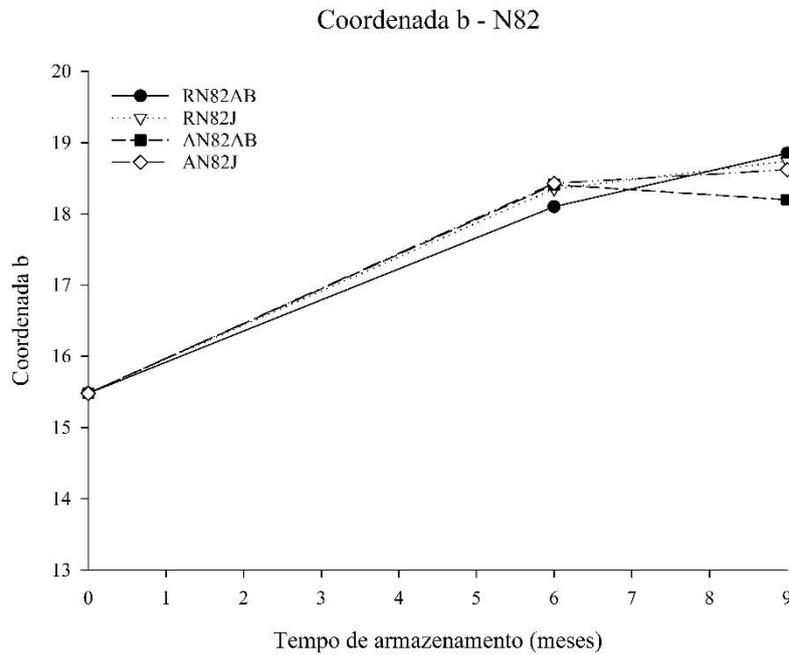
Figura 15 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

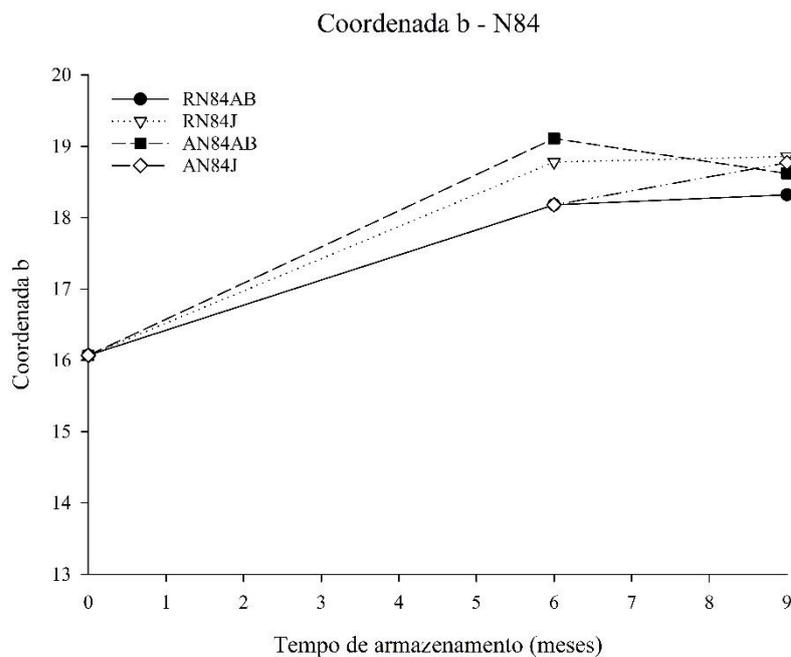
Figura 16 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 17 - Valores da Coordenada b dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos e armazenados em diferentes embalagens e diferentes temperaturas nos tempos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

### 4.3.3 Massa específica aparente

Os valores e resumo da ANAVA para a massa específica aparente dos grãos de cafés armazenados em diferentes embalagens e temperaturas é mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Resumo da ANAVA para massa específica aparente (ME, kg.m<sup>-3</sup>) dos grãos acondicionados em diferentes embalagens e temperaturas.

Tratamento	Tempo (meses)	ME (kg.m <sup>-3</sup> )	Tratamento	Tempo (meses)	ME (kg.m <sup>-3</sup> )
ACD82AB	0	629,64 <sup>a</sup>	RN82AB	0	614,17 <sup>a</sup>
	6	595,35 <sup>a</sup>		6	612,78 <sup>a</sup>
	9	608,36 <sup>a</sup>		9	614,40 <sup>a</sup>
ACD82J	0	629,64 <sup>a</sup>	RN82J	0	614,17 <sup>a</sup>
	6	604,87 <sup>a</sup>		6	598,78 <sup>a</sup>
	9	605,42 <sup>a</sup>		9	603,56 <sup>a</sup>
RCD82AB	0	629,64 <sup>a</sup>	AN84AB	0	642,22 <sup>a</sup>
	6	604,06 <sup>a</sup>		6	640,69 <sup>a</sup>
	9	601,07 <sup>a</sup>		9	635,11 <sup>a</sup>
RCD82J	0	629,64 <sup>a</sup>	AN84J	0	642,22 <sup>a</sup>
	6	587,32 <sup>a</sup>		6	628,29 <sup>a</sup>
	9	597,07 <sup>a</sup>		9	624,62 <sup>a</sup>
AN82AB	0	614,17 <sup>a</sup>	RN84AB	0	642,22 <sup>a</sup>
	6	615,72 <sup>a</sup>		6	629,30 <sup>a</sup>
	9	617,69 <sup>a</sup>		9	624,62 <sup>a</sup>
AN82J	0	614,17 <sup>a</sup>	RN84J	0	642,22 <sup>a</sup>
	6	616,72 <sup>a</sup>		6	611,03 <sup>a</sup>
	9	610,84 <sup>a</sup>		9	618,22 <sup>a</sup>

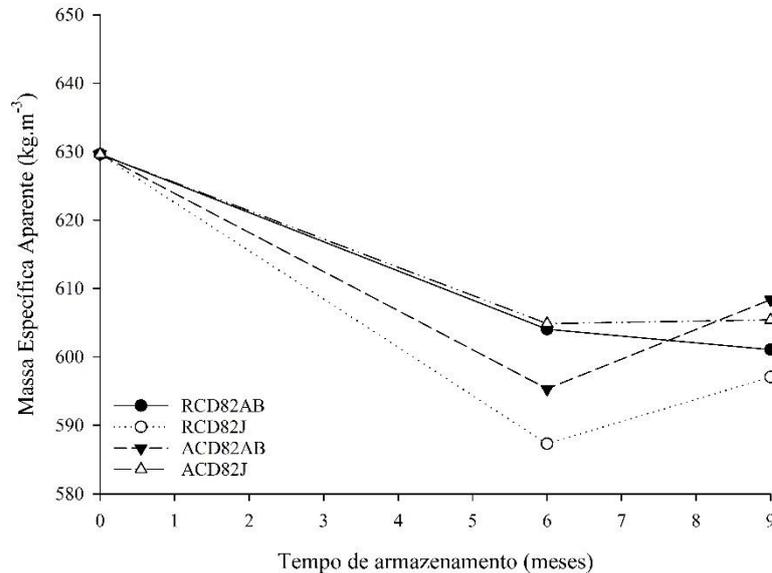
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados evidenciam que os tratamentos CD82, N82 e N84 para as diferentes embalagens e temperaturas de armazenamento não apresentaram diferença significativa para a massa específica analisada. A Figura 18, Figura 19 e Figura 20 apresentam a variação nos valores de massa específica do grão ao longo do tempo.

Figura 18 - Massa específica aparente do café cereja descascado 82 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses.

Massa Específica Aparente - CD82

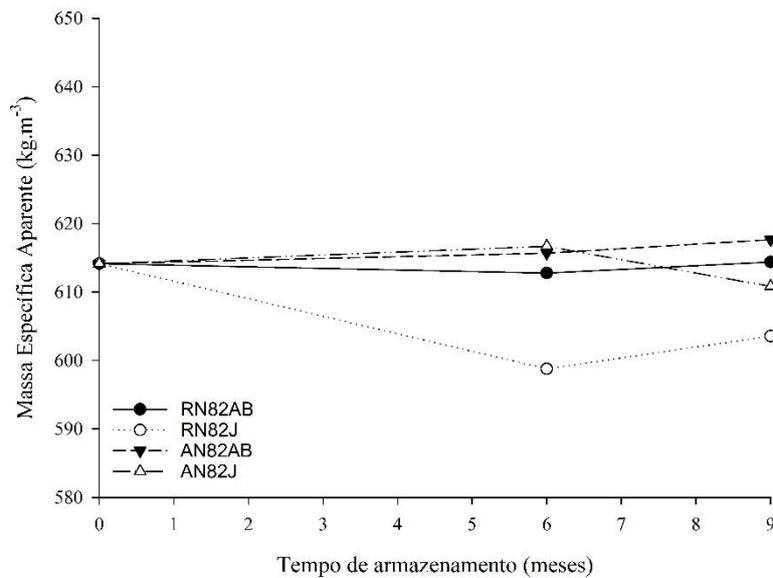


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 19 - Massa específica aparente do café natural 82 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses.

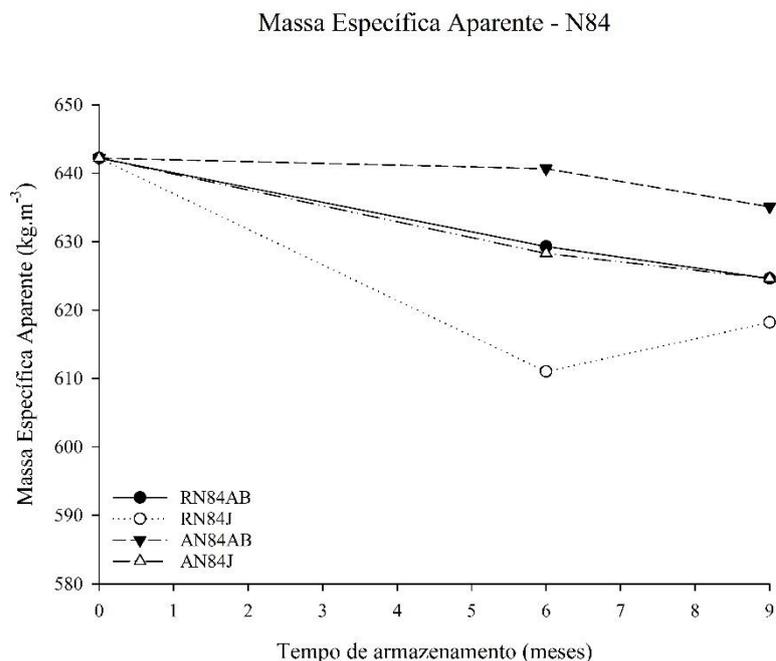
Massa Específica Aparente - N82



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 20 - Massa específica aparente do café natural 84 pontos, armazenados nos períodos de 0, 6 e 9 meses.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Apesar das reduções nos valores da massa específica aparente dos grãos não terem sido significativas, ocorreu um decréscimo nos valores, principalmente entre 0 a 6 meses. Os grãos acondicionados em embalagem de juta e resfriados apresentaram os menores valores de massa específica aparente, principalmente para o tratamento CD82. A perda de massa específica aparente nos tratamentos acondicionados em juta pode estar relacionada ao aumento do teor de água e disponibilidade de oxigênio, acarretando no aumento da taxa respiratória dos grãos, o que leva a degradação e consumo de compostos químicos destes. Pazmiño-Arteaga *et al.* (2022) sugerem que o estresse provocado pelo processamento via úmida leva a perdas nos grãos de café. Essas perdas estão associadas ao aumento de ácidos graxos livres, perda de fosfolípidios e de agentes antioxidantes, como ácido ascórbico e glutatona redutora.

#### 4.4 Análises químicas de caracterização da qualidade dos cafés

##### 4.4.1 Perfil de ácidos graxos livres

Foram identificados seis ácidos graxos nas amostras de cafés via seca e via úmida armazenados em diferentes ambientes e embalagens por nove meses. Os ácidos graxos são

classificados segundo seu grau de saturação em ácidos graxos saturados, como os ácidos palmítico (C16:0) e heneicosanoico (C21:0); em ácidos graxos monoinsaturados, como os ácidos miristoleico (C14:1) e oleico (C18:1); e em ácidos graxos poli-insaturados, como ácido linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). O perfil de ácidos graxos livres para cada uma das amostras do experimento é mostrado na Tabela 14.

O perfil de ácidos graxos modificou-se ao longo do tempo em todos os tratamentos estudados. A concentração dos ácidos graxos palmítico (C16:0), miristoleico (C14:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3) para os cafés processados por via úmida, avaliados em 82 pontos (CD82), modificou-se ao longo do tempo, como mostra a Tabela 11. No entanto, a concentração do ácido oleico (C18:1) apresentou diferença significativa de acordo com a condição de armazenamento (embalagem e temperatura utilizada), não modificando ao longo do tempo.

A concentração dos ácidos graxos dos cafés processados por via seca e armazenados, não sofreu influência das condições de armazenamento, conforme mostram as Tabelas 12 e 13. O fator tempo apresentou diferença significativa para ambas as qualidades avaliadas, 82 pontos (N82) e 84 pontos (N84), para os ácidos graxos oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3). Além disso, os cafés processados via seca, avaliados em 84 pontos (N84) apresentaram modificação na composição dos ácidos graxos palmítico (C16:0) e miristoleico (C14:1) ao longo do tempo.

Tabela 11 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

Valores de <i>p</i> para ácidos graxos CD82						
	C16:0	C14:1	C18:1	C18:2	C21:0	C18:3
<b>Tratamento</b>	0,8489 <sup>n.s.</sup>	0,3397 <sup>n.s.</sup>	0,0224*	0,6700 <sup>n.s.</sup>	0,4981 <sup>n.s.</sup>	0,1704 <sup>n.s.</sup>
<b>Tempo</b>	0,0001*	0,0220*	0,2482 <sup>n.s.</sup>	0,0022*	0,2793 <sup>n.s.</sup>	0,0124*

Em que: C16:0 = Ácido palmítico; C14:1 = Ácido miristoleico; C18:1 = Ácido oleico; C18:2 = Ácido linoleico; C21:0 = Ácido heneicosanoico; C18:3 = Ácido linolênico; \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 12 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

Valores de <i>p</i> para ácidos graxos N82						
	C16:0	C14:1	C18:1	C18:2	C21:0	C18:3
<b>Tratamento</b>	0,5938 <sup>n.s.</sup>	1,0000 <sup>n.s.</sup>	0,7325 <sup>n.s.</sup>	0,9512 <sup>n.s.</sup>	0,3507 <sup>n.s.</sup>	0,3013 <sup>n.s.</sup>
<b>Tempo</b>	0,0530 <sup>n.s.</sup>	0,0779 <sup>n.s.</sup>	0,0001*	0,0237*	0,3462 <sup>n.s.</sup>	0,0175*

Em que: C16:0 = Ácido palmítico; C14:1 = Ácido miristoleico; C18:1 = Ácido oleico; C18:2 = Ácido linoleico; C21:0 = Ácido heneicosanoico; C18:3 = Ácido linolênico; \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 13 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <i>p</i> para ácidos graxos N84</b>						
	C16:0	C14:1	C18:1	C18:2	C21:0	C18:3
<b>Tratamento</b>	0,9703 <sup>n.s.</sup>	0,5150 <sup>n.s.</sup>	0,7008 <sup>n.s.</sup>	0,5788 <sup>n.s.</sup>	0,7156 <sup>n.s.</sup>	0,9233 <sup>n.s.</sup>
<b>Tempo</b>	0,0000*	0,0000*	0,0038*	0,0000*	0,1157 <sup>n.s.</sup>	0,0005*

Em que: C16:0 = Ácido palmítico; C14:1 = Ácido miristoleico; C18:1 = Ácido oleico; C18:2 = Ácido linoleico; C21:0 = Ácido heneicosanóico; C18:3 = Ácido linolênico; \*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 14 – Área relativa (%) de ácidos graxos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo.

Ácidos graxos	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
<b>C16:0</b>	0	30.7533 <sup>a</sup>	30.7533 <sup>b</sup>	30.7533 <sup>b</sup>	30.7533 <sup>b</sup>	30.9600 <sup>a</sup>	30.9600 <sup>a</sup>	30.9600 <sup>a</sup>	30.9600 <sup>a</sup>	30.1333 <sup>b</sup>	30.1333 <sup>b</sup>	30.1333 <sup>b</sup>	30.1333 <sup>b</sup>
	6	33.4767 <sup>a</sup>	32.6633 <sup>a</sup>	34.8300 <sup>a</sup>	34.1400 <sup>a</sup>	31.6367 <sup>a</sup>	34.1333 <sup>a</sup>	34.9600 <sup>a</sup>	33.5250 <sup>a</sup>	35.8100 <sup>a</sup>	36.0533 <sup>a</sup>	36.0333 <sup>a</sup>	35.3533 <sup>a</sup>
	9	32.3500 <sup>a</sup>	34.4000 <sup>a</sup>	32.2700 <sup>b</sup>	33.5167 <sup>a</sup>	33.7315 <sup>a</sup>	34.9961 <sup>a</sup>	34.6233 <sup>a</sup>	33.8367 <sup>a</sup>	34.8733 <sup>a</sup>	35.8100 <sup>a</sup>	35.1833 <sup>a</sup>	36.9467 <sup>a</sup>
<b>C14:1</b>	0	6.0733 <sup>a</sup>	6.0733 <sup>a</sup>	6.0733 <sup>b</sup>	6.0733 <sup>a</sup>	6.4767 <sup>a</sup>	6.4767 <sup>a</sup>	6.4767 <sup>a</sup>	6.4767 <sup>a</sup>	4.9767 <sup>b</sup>	4.9767 <sup>a</sup>	4.9767 <sup>b</sup>	4.9767 <sup>b</sup>
	6	7.2100 <sup>a</sup>	6.4033 <sup>a</sup>	5.5200 <sup>b</sup>	7.7500 <sup>a</sup>	5.9500 <sup>a</sup>	6.1167 <sup>a</sup>	6.3000 <sup>a</sup>	6.1850 <sup>a</sup>	6.0100 <sup>b</sup>	6.0100 <sup>a</sup>	6.0867 <sup>b</sup>	5.8300 <sup>b</sup>
	9	6.9733 <sup>a</sup>	6.4767 <sup>a</sup>	8.2450 <sup>a</sup>	7.9567 <sup>a</sup>	7.9103 <sup>a</sup>	7.8435 <sup>a</sup>	7.3600 <sup>a</sup>	7.4633 <sup>a</sup>	7.9767 <sup>a</sup>	5.9733 <sup>a</sup>	7.3067 <sup>a</sup>	7.0200 <sup>a</sup>
<b>C18:1</b>	0	8.8200 <sup>b</sup>	8.8200 <sup>a</sup>	8.8200 <sup>b</sup>	8.8200 <sup>a</sup>	8.1333 <sup>b</sup>	8.1333 <sup>b</sup>	8.1333 <sup>b</sup>	8.1333 <sup>b</sup>	7.1267 <sup>a</sup>	7.1267 <sup>a</sup>	7.1267 <sup>a</sup>	7.1267 <sup>b</sup>
	6	9.9367 <sup>a</sup>	8.5700 <sup>a</sup>	9.9333 <sup>a</sup>	8.0900 <sup>b</sup>	9.3433 <sup>a</sup>	9.4600 <sup>a</sup>	9.0800 <sup>a</sup>	9.2750 <sup>a</sup>	8.2467 <sup>a</sup>	8.6400 <sup>a</sup>	8.4800 <sup>a</sup>	8.7133 <sup>a</sup>
	9	8.8333 <sup>b</sup>	8.3200 <sup>a</sup>	8.8450 <sup>b</sup>	9.5433 <sup>a</sup>	8.8652 <sup>b</sup>	9.3499 <sup>a</sup>	9.4833 <sup>a</sup>	9.3700 <sup>a</sup>	8.9200 <sup>a</sup>	7.7167 <sup>a</sup>	8.6933 <sup>a</sup>	9.3667 <sup>a</sup>
<b>C18:2</b>	0	51.7867 <sup>a</sup>	51.7867 <sup>a</sup>	51.7867 <sup>a</sup>	51.7867 <sup>a</sup>	51.6333 <sup>a</sup>	51.6333 <sup>a</sup>	51.6333 <sup>a</sup>	51.6333 <sup>a</sup>	55.0800 <sup>a</sup>	55.0800 <sup>a</sup>	55.0800 <sup>a</sup>	55.0800 <sup>a</sup>
	6	46.9633 <sup>a</sup>	50.1584 <sup>a</sup>	47.4100 <sup>a</sup>	48.1667 <sup>b</sup>	50.4567 <sup>a</sup>	47.7933 <sup>a</sup>	47.1650 <sup>a</sup>	48.4850 <sup>a</sup>	47.9533 <sup>b</sup>	47.2867 <sup>b</sup>	46.3667 <sup>b</sup>	47.3700 <sup>b</sup>
	9	49.5633 <sup>a</sup>	48.5300 <sup>a</sup>	47.5450 <sup>a</sup>	46.4033 <sup>b</sup>	47.2151 <sup>a</sup>	45.6058 <sup>a</sup>	45.6133 <sup>a</sup>	46.5133 <sup>a</sup>	44.7633 <sup>c</sup>	47.9633 <sup>b</sup>	45.7333 <sup>b</sup>	43.6500 <sup>b</sup>
<b>C21:0</b>	0	1.4533 <sup>a</sup>	1.4533 <sup>a</sup>	1.4533 <sup>a</sup>	1.4533 <sup>a</sup>	1.6867 <sup>a</sup>	1.6867 <sup>a</sup>	1.6867 <sup>a</sup>	1.6867 <sup>a</sup>	1.3700 <sup>a</sup>	1.3700 <sup>a</sup>	1.3700 <sup>a</sup>	1.3700 <sup>a</sup>
	6	1.5533 <sup>a</sup>	0.8067 <sup>a</sup>	1.3167 <sup>a</sup>	1.0500 <sup>a</sup>	1.4833 <sup>a</sup>	1.1333 <sup>a</sup>	1.2900 <sup>a</sup>	1.1250 <sup>a</sup>	1.2267 <sup>a</sup>	1.3467 <sup>a</sup>	1.2433 <sup>a</sup>	1.1967 <sup>a</sup>
	9	1.3733 <sup>a</sup>	1.2233 <sup>a</sup>	1.5200 <sup>a</sup>	1.5933 <sup>a</sup>	1.4202 <sup>a</sup>	1.3763 <sup>a</sup>	1.4200 <sup>a</sup>	1.5380 <sup>a</sup>	1.9567 <sup>a</sup>	1.2400 <sup>a</sup>	1.8267 <sup>a</sup>	1.4767 <sup>a</sup>
<b>C18:3</b>	0	1.1133 <sup>a</sup>	1.1133 <sup>a</sup>	1.1133 <sup>a</sup>	1.1133 <sup>a</sup>	1.1100 <sup>a</sup>	1.1100 <sup>a</sup>	1.1100 <sup>a</sup>	1.1100 <sup>a</sup>	1.3133 <sup>a</sup>	1.3133 <sup>a</sup>	1.3133 <sup>a</sup>	1.3133 <sup>a</sup>
	6	0.8600 <sup>a</sup>	1.1022 <sup>a</sup>	0.9900 <sup>a</sup>	0.8033 <sup>b</sup>	0.9033 <sup>a</sup>	0.8500 <sup>a</sup>	0.9900 <sup>a</sup>	0.9650 <sup>a</sup>	0.7533 <sup>a</sup>	0.6633 <sup>b</sup>	0.9900 <sup>a</sup>	0.8967 <sup>a</sup>
	9	0.9067 <sup>a</sup>	1.0500 <sup>a</sup>	0.7950 <sup>a</sup>	0.7433 <sup>b</sup>	0.8577 <sup>a</sup>	0.8285 <sup>a</sup>	1.0233 <sup>a</sup>	0.8267 <sup>a</sup>	0.9800 <sup>a</sup>	1.2967 <sup>a</sup>	1.0200 <sup>a</sup>	0.9333 <sup>a</sup>

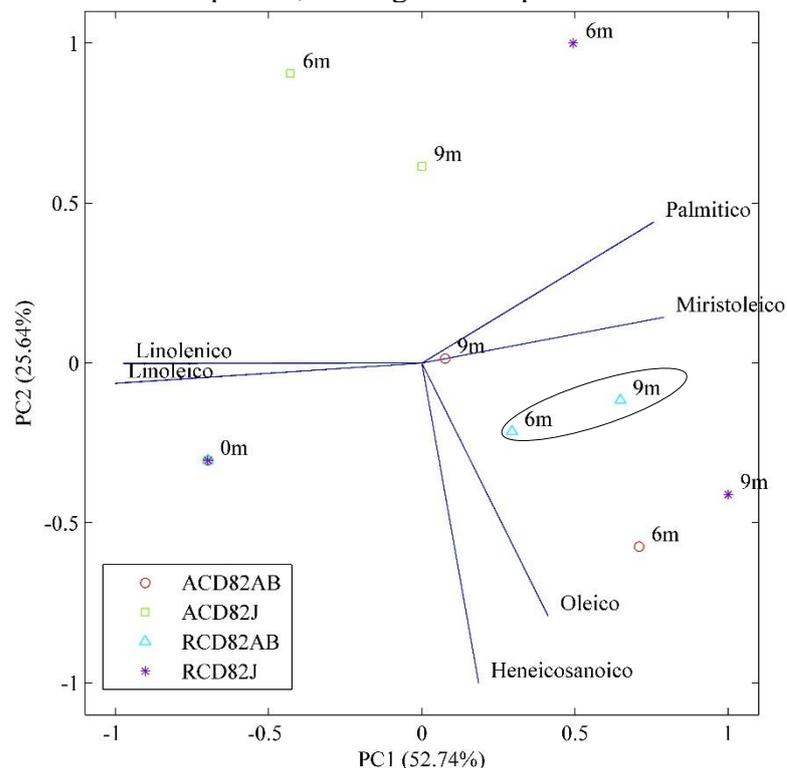
Em que: C16:0 = Ácido palmítico; C14:1 = Ácido miristoleico; C18:1 = Ácido oleico; C18:2 = Ácido linoleico; C21:0 = Ácido heneicosanóico; C18:3 = Ácido linolênico; A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

É observado um aumento na concentração dos ácidos graxos, especialmente dos ácidos C16:0 e C18:1 ao longo dos seis primeiros meses, com decréscimo ao longo dos nove meses totais de armazenamento, para os cafés processados por via úmida (CD82) e via seca avaliados em 84 pontos (N84). Esse fato pode ser explicado pela perda de compostos voláteis inicialmente (PAZMIÑO-ARTEAGA *et al.*, 2022) e pela degradação de triglicérides ao longo do tempo (TOCI *et al.*, 2013). Em todos os resultados observados na Tabela 14, é possível inferir que a embalagem de alta barreira somada ao armazenamento refrigerado foi responsável por menores perdas e por resultados constantes comparados com os tempos de 6 e 9 meses, evidenciando que a forma de armazenamento influencia na manutenção da composição destes.

As Análises de Componentes Principais (PCA) dos armazenados estão apresentadas nas Figuras 21 a 23.

Figura 21 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



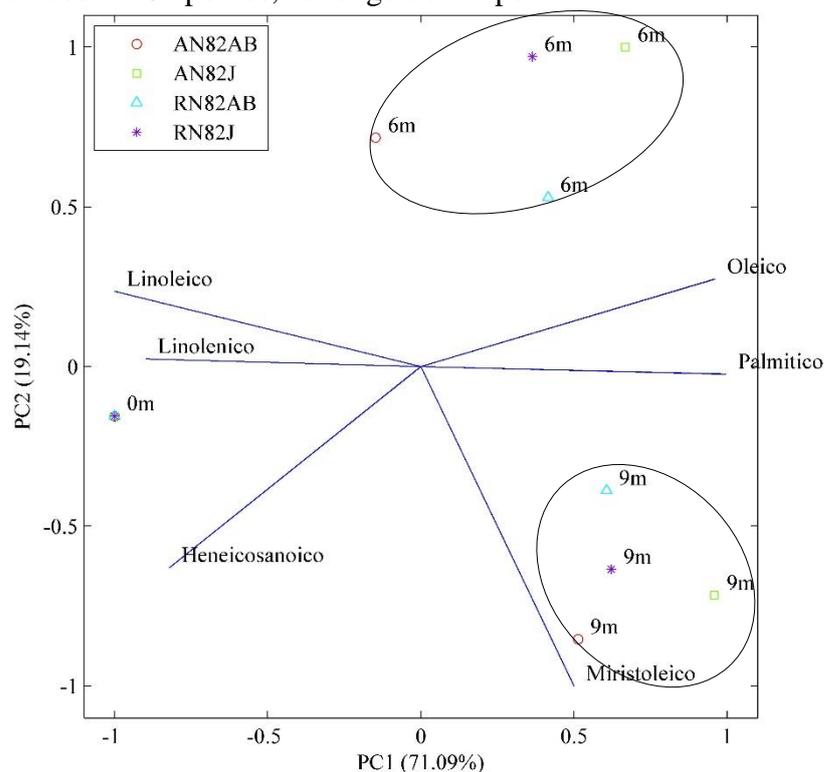
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Ao analisar a modificação do perfil de ácidos graxos para as amostras CD82 armazenadas, nota-se distinção quanto à concentração do ácido oleico entre os tratamentos

estudados (embalagem e ambiente de armazenamento). Com isso, percebe-se a maior estabilidade na concentração de ácido oleico (C18:1) para os grãos de café armazenados em ambiente refrigerados em embalagem de alta barreira (RCD82AB), ao passo que embalagem de juta em condição ambiente (ACD82J) apresentou maior redução da concentração deste ácido graxo.

Figura 22 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

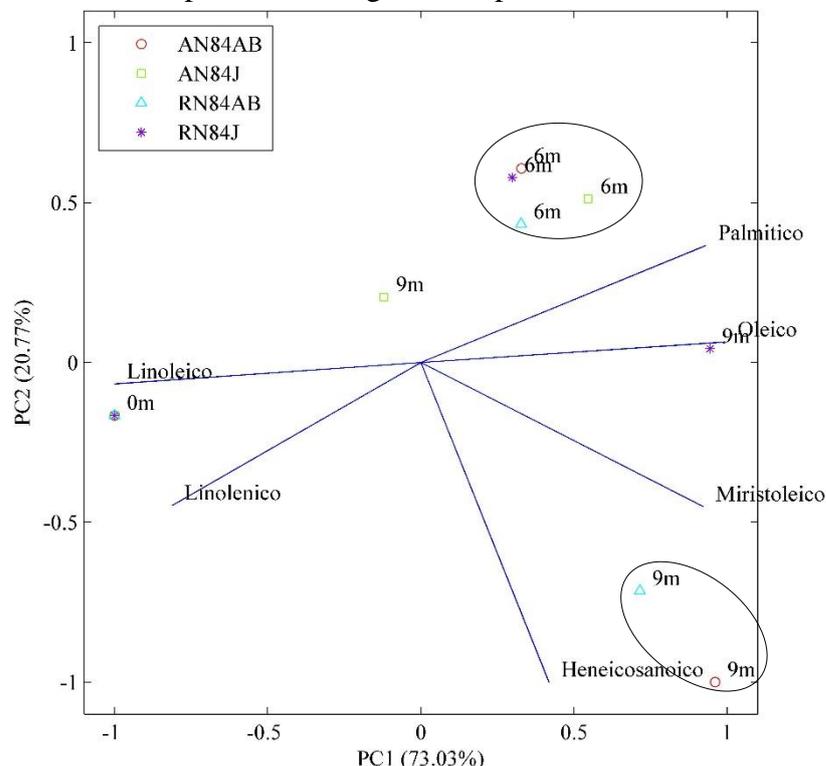


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Os cafés processados por via seca apresentaram comportamento distinto de acordo com a qualidade inicial avaliada, 82 pontos (N82) e 84 pontos (N84). Os cafés naturais com qualidade inicial de 82 pontos (N82) apresentaram comportamento variação do perfil de ácidos graxos de acordo com o tempo de armazenamento, como mostram os agrupamentos identificados acima. No entanto, nota-se a menor variação dos ácidos graxos para o tratamento com embalagem de alta barreira em ambiente refrigerado (RN82AB), comparativamente às demais condições de armazenamento estudadas.

Figura 23 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos graxos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Nota-se que, após seis meses de armazenamento dos cafés naturais avaliados em 84 pontos (N84), não houve diferenciação do perfil dos ácidos graxos para as diferentes condições de armazenamento. Após nove meses de armazenamento, nota-se a diferenciação quanto à embalagem utilizada, em que os tratamentos com embalagem de alta barreira (AN84AB e RN84AB) apresentaram-se agrupados.

Apesar de os tratamentos não terem tido valores significativos para todos os ácidos graxos, as amostras armazenadas em embalagens de alta barreira e refrigeradas, apresentaram evidências de melhor conservação dos ácidos graxos, principalmente para os tratamentos avaliados com 82 pontos, o que pode ter efeito na qualidade final do café ao longo do tempo.

#### 4.4.2 Perfil de ácidos orgânicos

Foram identificados e quantificados sete ácidos orgânicos nas amostras de cafés armazenados, sendo estes, ácido oxálico, cítrico, málico, quínico, succínico, lático e acético. O ácido acético foi detectado apenas nos cafés processados via seca avaliados em 82 pontos (N82). O perfil de ácidos orgânicos para cada uma das amostras do experimento é mostrado na Tabela 18.

A concentração de ácidos orgânicos modificou-se ao longo do tempo e foi significativamente distinta em relação à esta variável, como mostram as Tabelas 15 a 17 para os resultados da ANAVA aplicado aos tratamentos e ao tempo de armazenamento. Foi detectada variação da concentração do ácido acético de acordo com o ambiente e embalagem de armazenamento (tratamento), para os cafés naturais avaliados em 82 pontos (N82), como mostra a Tabela 16. Além disso, o ácido lático também apresentou modificação em sua concentração de acordo com o tratamento empregado para os cafés naturais armazenados, em ambas qualidades avaliadas (N82 e N84), como mostram as Tabelas 16 e 17).

Tabela 15 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <math>p</math> para ácidos orgânicos CD82</b>						
	Oxálico	Cítrico	Málico	Quínico	Succínico	Lático
<b>Tratamento</b>	0,5010 <sup>n.s.</sup>	0,2703 <sup>n.s.</sup>	0,4090 <sup>n.s.</sup>	0,9783 <sup>n.s.</sup>	0,5451 <sup>n.s.</sup>	1,0000 <sup>n.s.</sup>
<b>Tempo</b>	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0002*	0,0000*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 16 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <math>p</math> para ácidos orgânicos N82</b>							
	Oxálico	Cítrico	Málico	Quínico	Succínico	Lático	Acético
<b>Tratamento</b>	0,3206 <sup>n.s.</sup>	0,7769 <sup>n.s.</sup>	0,4054 <sup>n.s.</sup>	0,8463 <sup>n.s.</sup>	0,1144 <sup>n.s.</sup>	0,0000*	0,0001*
<b>Tempo</b>	0,0085*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0294*	0,0000*	0,0034*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 17 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <math>p</math> para ácidos orgânicos N84</b>						
	Oxálico	Cítrico	Málico	Quínico	Succínico	Lático
<b>Tratamento</b>	0,7558 <sup>n.s.</sup>	0,9188 <sup>n.s.</sup>	0,7397 <sup>n.s.</sup>	0,5086 <sup>n.s.</sup>	0,1017 <sup>n.s.</sup>	0,0000*
<b>Tempo</b>	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.  
Fonte: Do autor (2023).

Tabela 18 – Concentração de ácidos orgânicos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo.

Ácidos orgânicos	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
Oxálico	0	0,0394 <sup>a</sup>	0,0394 <sup>a</sup>	0,0394 <sup>a</sup>	0,0394 <sup>a</sup>	0,0328 <sup>ab</sup>	0,0328 <sup>a</sup>	0,0328 <sup>a</sup>	0,0328 <sup>a</sup>	0,0258 <sup>a</sup>	0,0258 <sup>a</sup>	0,0258 <sup>a</sup>	0,0258 <sup>a</sup>
	6	0,0286 <sup>ab</sup>	0,0273 <sup>ab</sup>	0,0380 <sup>ab</sup>	0,0275 <sup>a</sup>	0,0419 <sup>a</sup>	0,0262 <sup>a</sup>	0,0298 <sup>a</sup>	0,0290 <sup>a</sup>	0,0205 <sup>b</sup>	0,0204 <sup>ab</sup>	0,0233 <sup>b</sup>	0,0224 <sup>ab</sup>
	9	0,0265 <sup>b</sup>	0,0239 <sup>a</sup>	0,0265 <sup>b</sup>	0,0285 <sup>a</sup>	0,0240 <sup>b</sup>	0,0213 <sup>a</sup>	0,0253 <sup>a</sup>	0,0255 <sup>a</sup>	0,0157 <sup>b</sup>	0,0199 <sup>b</sup>	0,0169 <sup>b</sup>	0,0184 <sup>b</sup>
Cítrico	0	1,9387 <sup>a</sup>	1,9387 <sup>a</sup>	1,9387 <sup>a</sup>	1,9387 <sup>a</sup>	1,6158 <sup>a</sup>	1,6158 <sup>a</sup>	1,6158 <sup>a</sup>	1,6158 <sup>ab</sup>	1,5896 <sup>a</sup>	1,5896 <sup>a</sup>	1,5896 <sup>a</sup>	1,5896 <sup>a</sup>
	6	1,6250 <sup>b</sup>	1,6327 <sup>b</sup>	1,5660 <sup>b</sup>	1,6731 <sup>b</sup>	1,5612 <sup>a</sup>	1,6442 <sup>b</sup>	1,5213 <sup>a</sup>	1,6788 <sup>a</sup>	1,4578 <sup>ab</sup>	1,4127 <sup>b</sup>	1,4361 <sup>b</sup>	1,5103 <sup>b</sup>
	9	1,5528 <sup>b</sup>	1,5095 <sup>b</sup>	1,5172 <sup>b</sup>	1,5894 <sup>b</sup>	1,4698 <sup>a</sup>	1,4172 <sup>b</sup>	1,5480 <sup>a</sup>	1,4623 <sup>b</sup>	1,3595 <sup>b</sup>	1,3913 <sup>b</sup>	1,3313 <sup>b</sup>	1,3304 <sup>b</sup>
Málico	0	0,5909 <sup>a</sup>	0,5909 <sup>a</sup>	0,5909 <sup>a</sup>	0,5909 <sup>a</sup>	0,5262 <sup>b</sup>	0,5262 <sup>a</sup>	0,5262 <sup>a</sup>	0,5262 <sup>a</sup>	0,5099 <sup>a</sup>	0,5099 <sup>a</sup>	0,5099 <sup>a</sup>	0,5099 <sup>a</sup>
	6	0,4693 <sup>a</sup>	0,4338 <sup>a</sup>	0,4376 <sup>a</sup>	0,4677 <sup>b</sup>	0,4660 <sup>ab</sup>	0,4532 <sup>b</sup>	0,4886 <sup>a</sup>	0,4713 <sup>ab</sup>	0,4225 <sup>ab</sup>	0,4186 <sup>ab</sup>	0,4603 <sup>b</sup>	0,4311 <sup>ab</sup>
	9	0,4156 <sup>b</sup>	0,3876 <sup>b</sup>	0,4523 <sup>b</sup>	0,4009 <sup>c</sup>	0,3888 <sup>a</sup>	0,3373 <sup>b</sup>	0,4393 <sup>a</sup>	0,3999 <sup>b</sup>	0,3873 <sup>b</sup>	0,3416 <sup>b</sup>	0,3466 <sup>b</sup>	0,3483 <sup>b</sup>
Quínico	0	0,4669 <sup>a</sup>	0,4669 <sup>a</sup>	0,4669 <sup>a</sup>	0,4669 <sup>a</sup>	0,4100 <sup>a</sup>	0,4100 <sup>a</sup>	0,4100 <sup>a</sup>	0,4100 <sup>a</sup>	0,3105 <sup>a</sup>	0,3105 <sup>ba</sup>	0,3105 <sup>a</sup>	0,3105 <sup>a</sup>
	6	0,3130 <sup>ab</sup>	0,3206 <sup>ab</sup>	0,2991 <sup>a</sup>	0,3213 <sup>a</sup>	0,2612 <sup>a</sup>	0,2767 <sup>a</sup>	0,3108 <sup>ab</sup>	0,3176 <sup>ab</sup>	0,2015 <sup>b</sup>	0,1950 <sup>ab</sup>	0,1955 <sup>a</sup>	0,2029 <sup>ab</sup>
	9	0,2429 <sup>b</sup>	0,2438 <sup>b</sup>	0,2828 <sup>a</sup>	0,2895 <sup>a</sup>	0,2256 <sup>b</sup>	0,2195 <sup>b</sup>	0,2388 <sup>b</sup>	0,2314 <sup>b</sup>	0,1601 <sup>b</sup>	0,1775 <sup>b</sup>	0,1798 <sup>a</sup>	0,1556 <sup>b</sup>
Succínico	0	0,1099 <sup>a</sup>	0,1099 <sup>a</sup>	0,1099 <sup>a</sup>	0,1099 <sup>a</sup>	0,0690 <sup>a</sup>	0,0690 <sup>a</sup>	0,0690 <sup>a</sup>	0,0690 <sup>a</sup>	0,0806 <sup>a</sup>	0,0806 <sup>a</sup>	0,0806 <sup>b</sup>	0,0806 <sup>ab</sup>
	6	0,0798 <sup>a</sup>	0,0736 <sup>a</sup>	0,0916 <sup>a</sup>	0,0521 <sup>b</sup>	0,0698 <sup>a</sup>	0,0595 <sup>a</sup>	0,0759 <sup>a</sup>	0,0962 <sup>a</sup>	0,0540 <sup>ab</sup>	0,0685 <sup>a</sup>	0,0917 <sup>a</sup>	0,0999 <sup>a</sup>
	9	0,0887 <sup>a</sup>	0,0896 <sup>a</sup>	0,0753 <sup>a</sup>	0,0838 <sup>ab</sup>	0,0624 <sup>a</sup>	0,0417 <sup>a</sup>	0,0431 <sup>a</sup>	0,0699 <sup>a</sup>	0,0355 <sup>b</sup>	0,0482 <sup>a</sup>	0,0382 <sup>c</sup>	0,0626 <sup>b</sup>
Láctico	0	0,0330 <sup>a</sup>	0,0330 <sup>a</sup>	0,0330 <sup>a</sup>	0,0330 <sup>a</sup>	0,0399 <sup>a</sup>	0,0399 <sup>a</sup>	0,0399 <sup>a</sup>	0,0399 <sup>a</sup>	0,0269 <sup>a</sup>	0,0269 <sup>a</sup>	0,0269 <sup>a</sup>	0,0269 <sup>a</sup>
	6	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0092 <sup>b</sup>	0,0045 <sup>b</sup>	0,0350 <sup>a</sup>	0,0219 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0214 <sup>a</sup>	0,0262 <sup>a</sup>
	9	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>c</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>				
Acético	0	-	-	-	-	0,0000 <sup>a</sup>	0,0000 <sup>a</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	0,0000 <sup>b</sup>	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	0,0000 <sup>a</sup>	0,0000 <sup>a</sup>	0,0887 <sup>a</sup>	0,0772 <sup>a</sup>	-	-	-	-
	9	-	-	-	-	0,0000 <sup>a</sup>	0,0000 <sup>a</sup>	0,0400 <sup>a</sup>	0,0987 <sup>a</sup>	-	-	-	-

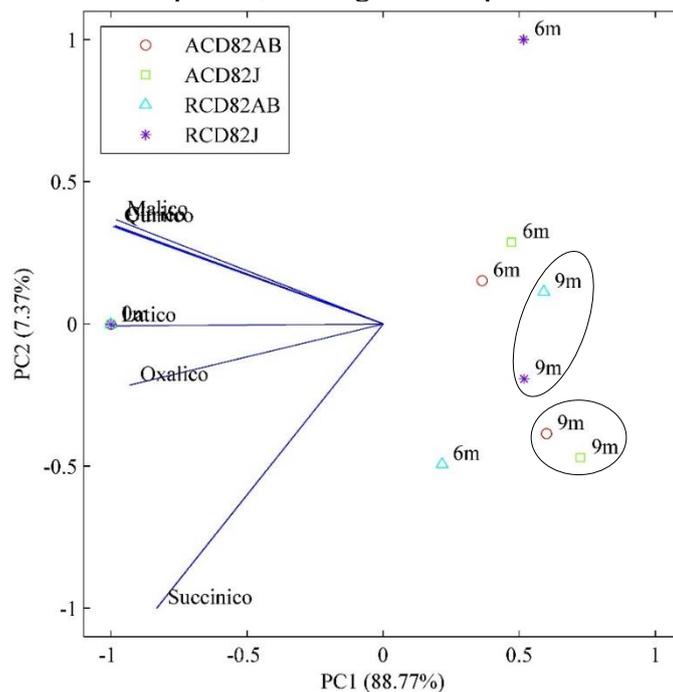
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

A diminuição dos ácidos orgânicos ao longo do tempo é esperada em virtude da respiração dos grãos, atividades enzimáticas e volatilização, visto que são moléculas de cadeia curta. O efeito ambiente e embalagem não surtiu efeitos significativos, com exceção para os ácidos láctico e acético nos tratamentos N82 e ácido láctico para o tratamento N84. Em ambos os casos, ambiente refrigerado parece ter tido um impacto maior que a mudança da embalagem (vide Tabela 18). Este fato pode ser explicado pelas baixas temperaturas que diminuem a atividade metabólica dos grãos, mantendo maiores concentrações destes ácidos ao longo do tempo, especialmente entre 0 e 6 meses de armazenamento.

As Análises de Componentes Principais (PCA) dos ácidos orgânicos dos cafés armazenados estão apresentadas na Figuras 24 a 26.

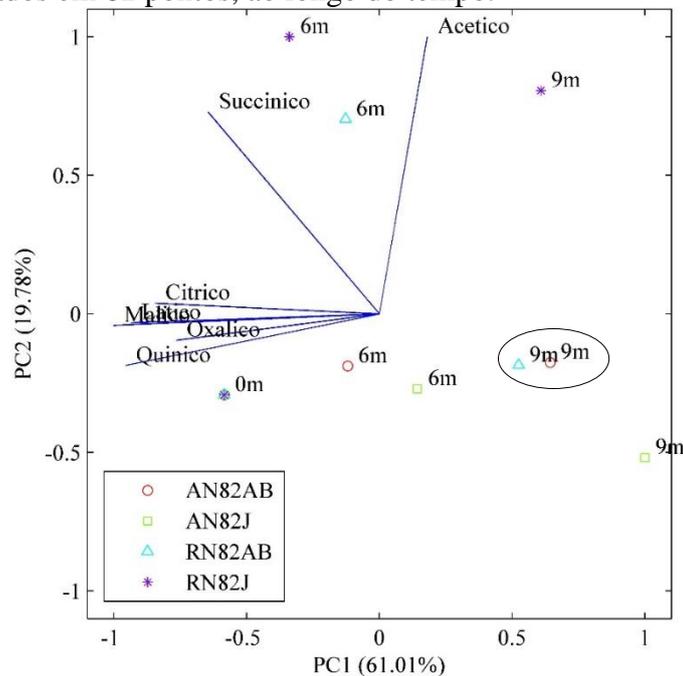
Figura 24 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

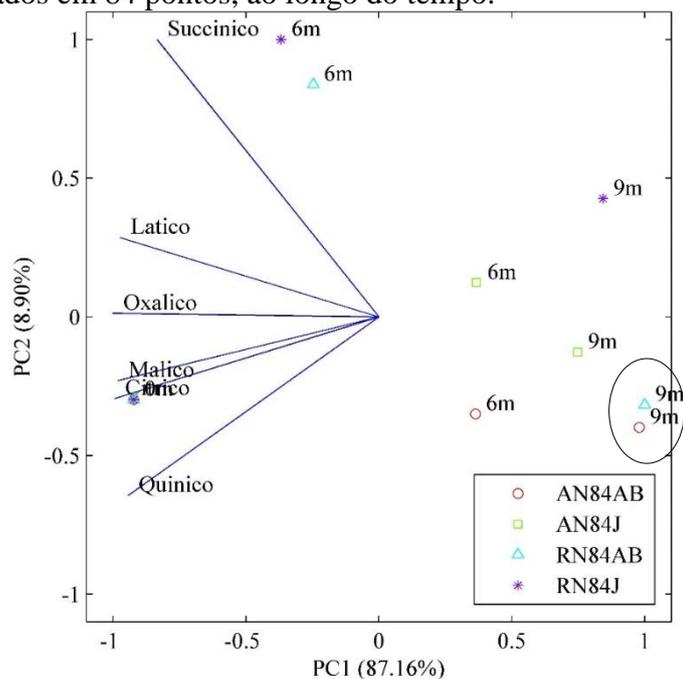
Figura 25 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 26 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de ácidos orgânicos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem

permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados mostram que apesar da não significância na Análise de Variância (ANAVA) do fator tratamento, ou seja, embalagem e ambiente de armazenamento. Os resultados das Análises de Componentes Principais (PCA) para os ácidos orgânicos mostraram agrupamentos dos tratamentos com embalagem de alta barreira após 9 meses de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento, para cafés com processamento via seca (N82 e N84) e via úmida (CD82). De acordo com Vallarino e Osorio (2019), o teor de ácidos em frutos e sementes diminui em condições de armazenamento, entretanto atmosferas ricas em CO<sub>2</sub> retarda esta diminuição. Dessa forma, as embalagens de alta barreira sugerem melhores condições de armazenamento dos cafés em virtude à concentração dos ácidos orgânicos.

#### 4.4.3 Compostos bioativos

A concentração de compostos bioativos nos diferentes tratamentos ao longo do experimento é mostrada na Tabela 22. É possível observar que mudanças nas concentrações destes compostos aconteceram e são significativamente relevantes entre os diferentes tratamentos e ao longo do tempo, de acordo com os resultados da ANAVA (Tabelas 19 a 21).

Tabela 19 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <i>p</i> para compostos bioativos CD82</b>			
	Trigonelina	Ácidos clorogênicos	Cafeína
<b>Tratamento</b>	0,0073*	0,0038*	0,0036*
<b>Tempo</b>	0,0007*	0,0013*	0,0014*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 20 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <i>p</i> para compostos bioativos N82</b>			
	Trigonelina	Ácidos clorogênicos	Cafeína
<b>Tratamento</b>	0,0002*	0,0020*	0,0007*
<b>Tempo</b>	0,0000*	0,0000*	0,0000*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 21 – Resumo da ANAVA aplicada às concentrações de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.

<b>Valores de <math>p</math> para compostos bioativos N84</b>			
	Trigonelina	Ácidos clorogênicos	Cafeína
<b>Tratamento</b>	0,0019*	0,0002*	0,0005*
<b>Tempo</b>	0,0000*	0,0000*	0,0000*

\*Médias com diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%; n.s. médias sem diferença significativa pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Entre os alcaloides, cafeína e trigonelina, foi observado um padrão de modificação crescente ao longo do tempo e mais estável quando comparados com o comportamento dos ácidos clorogênicos. De acordo com Zarebska *et al.* (2022) o aumento na concentração dos alcaloides ao longo do tempo pode se dar pela perda de outros compostos solúveis em água e, dada sua termoestabilidade, especialmente da cafeína, pela permanência deles nos tecidos vegetais. Por mais que as concentrações destes compostos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo tenham sido significativamente distintas, a estabilidade destes não mostra um padrão de distribuição relacionado à temperatura de armazenamento ou mesmo ao tipo de embalagem utilizado.

Em relação aos ácidos clorogênicos, diversos autores reportam a suscetibilidade desses compostos à oxidação ao longo do tempo enquanto os grãos estão armazenados. Os resultados para os tratamentos N82 mostram que a temperatura de armazenamento e a presença de embalagem de alta barreira foram relevantes na manutenção de maiores concentrações desses compostos, e o ambiente refrigerado foi ideal para a menor perda destes. Zarebska *et al.* (2022) explicam que baixas temperaturas podem influenciar a biossíntese de ácidos clorogênicos por reprimir enzimas ou disponibilidade de substrato nestes processos. E a combinação de baixas temperaturas com embalagens de alta barreira podem ser ideais para impedir a oxidação desses compostos.

Tabela 22 – Concentração de compostos bioativos nos diferentes tratamentos ao longo do tempo.

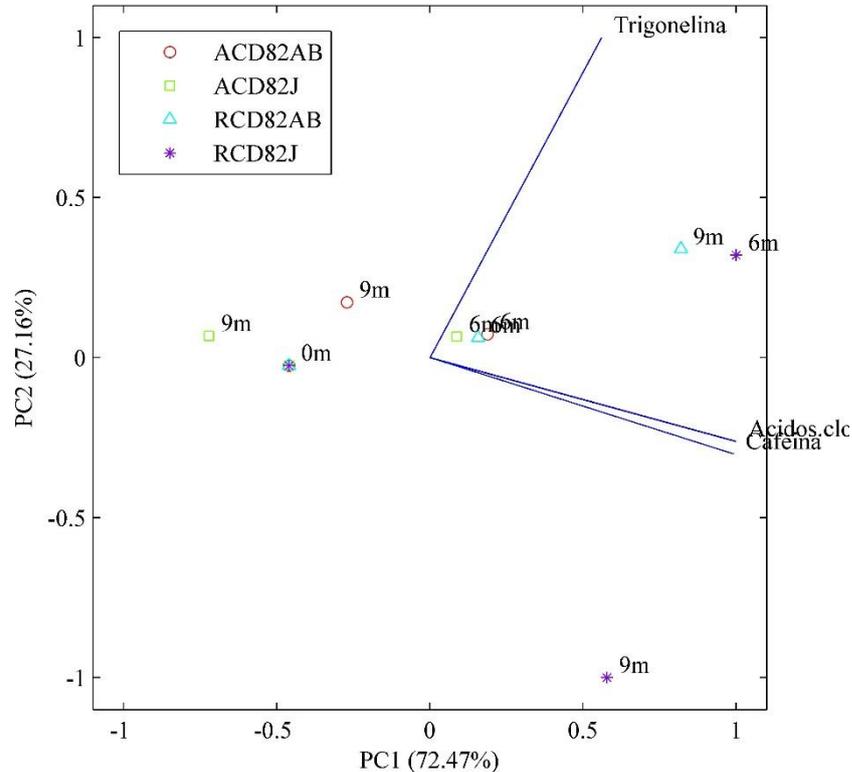
Bioativos	Tempo (meses)	Tratamento											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
Trigonelina	0	0,3932 <sup>a</sup>	0,3932 <sup>a</sup>	0,3932 <sup>b</sup>	0,3932 <sup>b</sup>	1,5660 <sup>c</sup>	1,5660 <sup>c</sup>	1,5660 <sup>b</sup>	1,5660 <sup>a</sup>	0,3741 <sup>c</sup>	0,3741 <sup>b</sup>	0,3741 <sup>b</sup>	0,3741 <sup>b</sup>
	6	0,4366 <sup>a</sup>	0,4307 <sup>a</sup>	0,4333 <sup>b</sup>	0,5059 <sup>a</sup>	1,9760 <sup>b</sup>	1,8167 <sup>b</sup>	1,5747 <sup>b</sup>	1,6663 <sup>a</sup>	0,4473 <sup>b</sup>	0,3880 <sup>b</sup>	0,4196 <sup>a</sup>	0,4305 <sup>a</sup>
	9	0,4266 <sup>a</sup>	0,3922 <sup>a</sup>	0,4997 <sup>a</sup>	0,3231 <sup>a</sup>	2,3093 <sup>a</sup>	2,0973 <sup>a</sup>	2,0007 <sup>a</sup>	1,8090 <sup>a</sup>	0,5496 <sup>a</sup>	0,4490 <sup>a</sup>	0,4367 <sup>a</sup>	0,4529 <sup>b</sup>
Ácidos clorogênicos	0	5,0592 <sup>a</sup>	5,0592 <sup>a</sup>	5,0592 <sup>b</sup>	5,0592 <sup>b</sup>	5,6180 <sup>c</sup>	5,6180 <sup>b</sup>	5,6180 <sup>b</sup>	5,6180 <sup>b</sup>	5,8116 <sup>c</sup>	5,8116 <sup>a</sup>	5,8116 <sup>b</sup>	5,8116 <sup>b</sup>
	6	5,7539 <sup>a</sup>	5,6679 <sup>a</sup>	5,9215 <sup>a</sup>	6,6755 <sup>a</sup>	7,1407 <sup>b</sup>	7,2617 <sup>a</sup>	5,7833 <sup>b</sup>	6,7023 <sup>a</sup>	8,1479 <sup>a</sup>	5,7860 <sup>a</sup>	6,9578 <sup>a</sup>	6,8138 <sup>a</sup>
	9	5,2414 <sup>a</sup>	4,6557 <sup>a</sup>	6,4042 <sup>a</sup>	6,7586 <sup>a</sup>	8,0063 <sup>a</sup>	6,2737 <sup>b</sup>	7,1653 <sup>a</sup>	5,9743 <sup>b</sup>	6,6079 <sup>b</sup>	6,3807 <sup>a</sup>	6,2966 <sup>b</sup>	6,6064 <sup>a</sup>
Cafeína	0	2,5451 <sup>a</sup>	2,5451 <sup>a</sup>	2,5451 <sup>b</sup>	2,5451 <sup>b</sup>	2,4767 <sup>c</sup>	2,4767 <sup>c</sup>	2,4767 <sup>b</sup>	2,4767 <sup>a</sup>	2,4138 <sup>c</sup>	2,4138 <sup>b</sup>	2,4138 <sup>b</sup>	2,4138 <sup>b</sup>
	6	2,9013 <sup>a</sup>	2,8328 <sup>a</sup>	2,7969 <sup>b</sup>	3,2679 <sup>a</sup>	3,1867 <sup>b</sup>	3,3033 <sup>a</sup>	2,5533 <sup>b</sup>	2,8733 <sup>a</sup>	3,4978 <sup>a</sup>	2,4581 <sup>b</sup>	2,8451 <sup>a</sup>	2,7271 <sup>a</sup>
	9	2,5833 <sup>a</sup>	2,3984 <sup>a</sup>	3,1843 <sup>a</sup>	3,3558 <sup>a</sup>	3,6467 <sup>a</sup>	2,8633 <sup>b</sup>	3,2367 <sup>a</sup>	2,7067 <sup>a</sup>	2,8479 <sup>b</sup>	2,7360 <sup>a</sup>	2,6827 <sup>a</sup>	2,8133 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

As Análises de Componentes Principais dos compostos bioativos dos cafés armazenados são apresentadas nas Figuras 27 a 29.

Figura 27 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

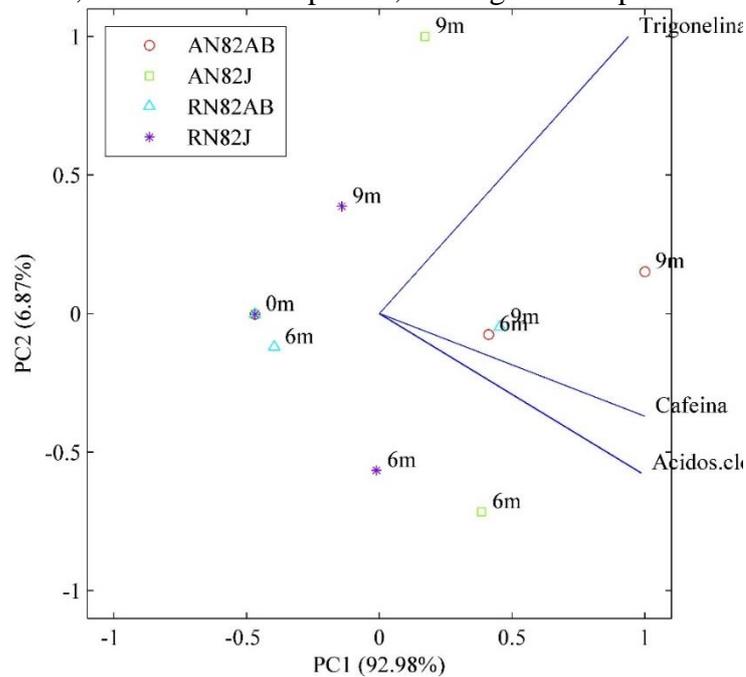


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Nota-se uma forte tendência de agrupamento das amostras refrigeradas armazenadas nas diferentes embalagens e nos tempos de 6 e 9 meses, na concentração dos compostos bioativos, observada pelos valores positivos da PC1.

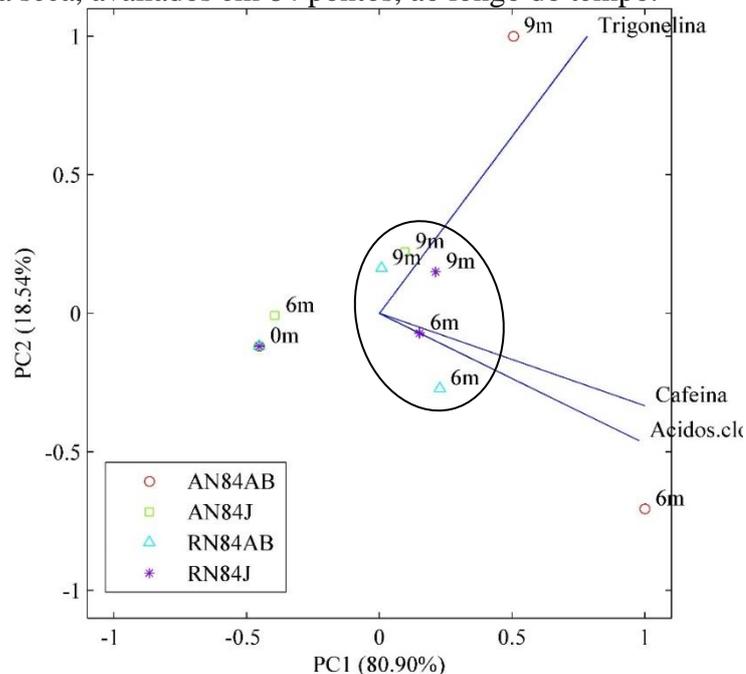
Figura 28 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 29 - Análise de Componentes Principais (PCA) da concentração de compostos bioativos dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem

permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento.

Fonte: Do autor (2023).

Nos tratamentos N82, a concentração dos compostos bioativos não está agrupada a um tratamento específico. E nos tratamentos N84, há um agrupamento das amostras refrigeradas após 6 meses de armazenamento, em ambas as embalagens estudadas. Portanto, o ambiente refrigerado independentemente da embalagem utilizada, tende a ter relação positiva com os compostos bioativos, especialmente à concentração dos ácidos clorogênicos.

#### 4.4.4 Compostos voláteis

Foram identificados 25 compostos voláteis nos grãos torrados de cafés armazenados por até nove meses. Estes compostos pertencem a cinco classes de compostos orgânicos voláteis: furano (2-metilfurano; 2,5-dimetilfurano; furfural; formato de furfuril; acetato de 2-furametanol; 5-metil-2-furancarboxaldeído; 2-furametanol), aldeído (butanal; 2-metilbutanal; 3-metilbutanal), cetonas (2,3-pentanodiona; 1-(2-furanil)-etanona; 1-hidroxi-2-butanona), ácido (ácido acético), pirazina (pirazina; metilpirazina; 2,5-dimetilpirazina; 2,6-dimetilpirazina; etilpirazina), pirrol (1-metil-1H-pirrol; pirrol), piridina, fenol (3-metilfenol), tiol (1-propanotiol) e diazol (imidazol).

Os resultados da ANAVA para a área relativa dos compostos voláteis identificados nos cafés via úmida e via seca armazenados, estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Resultado da ANAVA aplicada de compostos voláteis.

Valores de <i>p</i> para compostos voláteis	(continua)					
	CD82		N82		N84	
	Tratamentos	Tempo	Tratamentos	Tempo	Tratamentos	Tempo
<b>1</b>	0,3947 <sup>n.s.</sup>	0,0001*	0,6900 <sup>n.s.</sup>	0,0075*	0,1251 <sup>n.s.</sup>	0,0010*
<b>2</b>	0,9738 <sup>n.s.</sup>	0,4348 <sup>n.s.</sup>	0,2834 <sup>n.s.</sup>	0,0008*	0,5604 <sup>n.s.</sup>	0,0029*
<b>3</b>	0,1405 <sup>n.s.</sup>	0,0012*	0,0368*	0,3430 <sup>n.s.</sup>	0,2424 <sup>n.s.</sup>	0,2527 <sup>n.s.</sup>
<b>4</b>	0,0570 <sup>n.s.</sup>	0,0000*	0,0446*	0,0043*	0,2577 <sup>n.s.</sup>	0,6491 <sup>n.s.</sup>
<b>5</b>	0,7105 <sup>n.s.</sup>	0,0035*	0,8362 <sup>n.s.</sup>	0,2130 <sup>n.s.</sup>	0,1033 <sup>n.s.</sup>	0,0220*
<b>6</b>	0,7458 <sup>n.s.</sup>	0,5143 <sup>n.s.</sup>	0,7411 <sup>n.s.</sup>	0,9191 <sup>n.s.</sup>	0,1993 <sup>n.s.</sup>	0,0007*
<b>7</b>	0,6017 <sup>n.s.</sup>	0,9405 <sup>n.s.</sup>	0,8718 <sup>n.s.</sup>	0,0056*	0,8619 <sup>n.s.</sup>	0,0009*
<b>8</b>	0,3343 <sup>n.s.</sup>	0,4849 <sup>n.s.</sup>	0,6686 <sup>n.s.</sup>	0,1674 <sup>n.s.</sup>	0,1286 <sup>n.s.</sup>	0,2031 <sup>n.s.</sup>
<b>9</b>	0,9866 <sup>n.s.</sup>	0,0097*	0,2496 <sup>n.s.</sup>	0,0131*	0,0055*	0,0000*
<b>10</b>	0,4250 <sup>n.s.</sup>	0,0670 <sup>n.s.</sup>	0,5691 <sup>n.s.</sup>	0,0630 <sup>n.s.</sup>	0,1067 <sup>n.s.</sup>	0,3745 <sup>n.s.</sup>
<b>11</b>	0,1150 <sup>n.s.</sup>	0,1934 <sup>n.s.</sup>	0,1246 <sup>n.s.</sup>	0,0256*	0,1443 <sup>n.s.</sup>	0,0911 <sup>n.s.</sup>

<b>12</b>	0,3771 <sup>n.s.</sup>	0,0451*	0,8755 <sup>n.s.</sup>	0,8700 <sup>n.s.</sup>	0,0533 <sup>n.s.</sup>	0,0501 <sup>n.s.</sup>
<b>13</b>	0,6542 <sup>n.s.</sup>	0,0007*	0,6661 <sup>n.s.</sup>	0,0101*	0,0502 <sup>n.s.</sup>	0,4474 <sup>n.s.</sup>
<b>14</b>	0,5689 <sup>n.s.</sup>	0,0034*	0,5459 <sup>n.s.</sup>	0,6525 <sup>n.s.</sup>	0,0867 <sup>n.s.</sup>	0,0064*

Tabela 23 – Resultado da ANAVA aplicada de compostos voláteis.

Valores de <i>p</i> para compostos voláteis	(conclusão)					
	CD82		N82		N84	
	Tratamentos	Tempo	Tratamentos	Tempo	Tratamentos	Tempo
<b>15</b>	0,3062 <sup>n.s.</sup>	0,0027*	0,5599 <sup>n.s.</sup>	0,6159 <sup>n.s.</sup>	0,1674 <sup>n.s.</sup>	0,0251*
<b>16</b>	0,1805 <sup>n.s.</sup>	0,1196 <sup>n.s.</sup>	0,5004 <sup>n.s.</sup>	0,6048 <sup>n.s.</sup>	0,1878 <sup>n.s.</sup>	0,0778 <sup>n.s.</sup>
<b>17</b>	0,9733 <sup>n.s.</sup>	0,0583 <sup>n.s.</sup>	0,9862 <sup>n.s.</sup>	0,0907 <sup>n.s.</sup>	0,7051 <sup>n.s.</sup>	0,1854 <sup>n.s.</sup>
<b>18</b>	0,6154 <sup>n.s.</sup>	0,0003*	0,7482 <sup>n.s.</sup>	0,0002*	0,1225 <sup>n.s.</sup>	0,1148 <sup>n.s.</sup>
<b>19</b>	0,3854 <sup>n.s.</sup>	0,0001*	0,1602 <sup>n.s.</sup>	0,0000*	0,1862 <sup>n.s.</sup>	0,0002*
<b>20</b>	0,7599 <sup>n.s.</sup>	0,0112*	0,9142 <sup>n.s.</sup>	0,0011*	0,0478*	0,0003*
<b>21</b>	0,5947 <sup>n.s.</sup>	0,0000*	0,9727 <sup>n.s.</sup>	0,0004*	0,1758 <sup>n.s.</sup>	0,0811 <sup>n.s.</sup>
<b>22</b>	0,9667 <sup>n.s.</sup>	0,2778 <sup>n.s.</sup>	0,4982 <sup>n.s.</sup>	0,7504 <sup>n.s.</sup>	0,0092*	0,3480 <sup>n.s.</sup>
<b>23</b>	0,5791 <sup>n.s.</sup>	0,2390 <sup>n.s.</sup>	0,4010 <sup>n.s.</sup>	0,6065 <sup>n.s.</sup>	0,0211*	0,4834 <sup>n.s.</sup>
<b>24</b>	0,0802 <sup>n.s.</sup>	0,0002*	0,7485 <sup>n.s.</sup>	0,0778 <sup>n.s.</sup>	0,9226 <sup>n.s.</sup>	0,4030 <sup>n.s.</sup>
<b>25</b>	0,5727 <sup>n.s.</sup>	0,0013*	0,0698*	0,1635 <sup>n.s.</sup>	0,1390 <sup>n.s.</sup>	0,2010 <sup>n.s.</sup>

Em que: N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; 1 = 2-Metilfurano; 2 = Butanal; 3 = 2-Metilbutanal; 4 = 3-Metilbutanal; 5 = 2,5-Dimetilfurano; 6 = Imidazol; 7 = 2,3-Pentanodiona; 8 = 1-metil-1H-pirrol; 9 = 3-Metilfenol; 10 = Piridina; 11 = Pirazina; 12 = Metilpirazina; 13 = 1-Propanotiol; 14 = 2,5-Dimetilpirazina; 15 = 2,6-Dimetilpirazina; 16 = Etilpirazina; 17 = 1-hidroxi-2-butanona; 18 = Furfural; 19 = Ácido acético; 20 = Formato de furfural; 21 = 1-(2-Furanil)-etanona; 22 = Pirrol; 23 = Acetato de 2-furametanol; 24 = 5-Metil-2-furancarboxaldeído; 25 = 2-Furametanol. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com a análise de variância realizada, os compostos voláteis não apresentaram variação de acordo com o tratamento empregado para o armazenamento dos cafés com processamento via úmida (CD82), no entanto, o tempo de armazenamento apresentou influência na concentração da maioria dos compostos voláteis identificados. Para as amostras de cafés com processamento via seca e qualidade avaliada como 82 pontos (N82), a concentração dos compostos 2-metilbutanal (3), 3-metilbutanal (4) e 2-furametanol (25) apresentaram diferenças significativas de acordo com o tratamento empregado. Já as amostras de cafés com processamento via seca e qualidade avaliada como 84 pontos (N84) os compostos voláteis 3-metilfenol (9), formato de furfural (20), pirrol (22) e acetato de 2-furametanol (23) também sofreram influência das condições de armazenamento.

O perfil dos compostos voláteis encontrados nos cafés armazenados está apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 – Áreas relativas (%) dos compostos voláteis identificados nas amostras de cafés armazenados.

(continua)

Compostos voláteis	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
1	0	9,20 <sup>a</sup>	9,20 <sup>a</sup>	9,20 <sup>b</sup>	9,20 <sup>b</sup>	12,22 <sup>a</sup>	12,22 <sup>a</sup>	12,22 <sup>a</sup>	12,22 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>	8,13 <sup>b</sup>	8,13 <sup>b</sup>
	6	10,51 <sup>a</sup>	10,01 <sup>a</sup>	10,68 <sup>ab</sup>	10,84 <sup>ab</sup>	10,55 <sup>a</sup>	10,83 <sup>a</sup>	10,32 <sup>a</sup>	11,34 <sup>a</sup>	8,81 <sup>a</sup>	10,01 <sup>a</sup>	11,72 <sup>a</sup>	11,48 <sup>a</sup>
	9	10,68 <sup>a</sup>	11,45 <sup>a</sup>	12,43 <sup>a</sup>	12,75 <sup>a</sup>	11,52 <sup>a</sup>	11,94 <sup>a</sup>	10,72 <sup>a</sup>	10,05 <sup>a</sup>	9,69 <sup>a</sup>	10,84 <sup>a</sup>	10,96 <sup>ab</sup>	9,66 <sup>ab</sup>
2	0	1,79 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>
	6	1,59 <sup>a</sup>	1,87 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,58 <sup>b</sup>	1,96 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	1,99 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>
	9	2,00 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	2,08 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	1,87 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,87 <sup>a</sup>
3	0	8,94 <sup>a</sup>	8,94 <sup>a</sup>	8,94 <sup>b</sup>	8,94 <sup>a</sup>	9,96 <sup>a</sup>	9,96 <sup>ab</sup>	9,96 <sup>a</sup>	9,96 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>	7,99 <sup>a</sup>
	6	10,17 <sup>a</sup>	9,21 <sup>a</sup>	10,54 <sup>a</sup>	9,16 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,07 <sup>b</sup>	10,00 <sup>a</sup>	9,40 <sup>ab</sup>	7,91 <sup>a</sup>	8,27 <sup>a</sup>	8,79 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>
	9	9,95 <sup>a</sup>	10,22 <sup>a</sup>	10,63 <sup>a</sup>	9,70 <sup>a</sup>	10,72 <sup>a</sup>	10,84 <sup>a</sup>	9,46 <sup>a</sup>	8,05 <sup>b</sup>	8,64 <sup>a</sup>	9,59 <sup>a</sup>	8,48 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>
4	0	3,07 <sup>a</sup>	3,07 <sup>a</sup>	3,07 <sup>b</sup>	3,07 <sup>b</sup>	3,82 <sup>a</sup>	3,82 <sup>a</sup>	3,82 <sup>a</sup>	3,82 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>
	6	3,35 <sup>a</sup>	3,13 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	3,25 <sup>ab</sup>	3,56 <sup>a</sup>	3,39 <sup>b</sup>	3,77 <sup>a</sup>	3,57 <sup>a</sup>	2,98 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,46 <sup>a</sup>	3,29 <sup>a</sup>
	9	3,39 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	3,69 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	3,71 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	3,57 <sup>a</sup>	3,05 <sup>b</sup>	3,30 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	3,37 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>
5	0	0,61 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,61 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>
	6	0,71 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>
	9	0,73 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	0,70 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>	0,66 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,67 <sup>ab</sup>
6	0	2,51 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,44 <sup>b</sup>	2,44 <sup>b</sup>
	6	2,52 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,78 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,74 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	3,04 <sup>a</sup>
	9	2,52 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,57 <sup>a</sup>	2,66 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	2,72 <sup>ab</sup>	2,64 <sup>b</sup>
7	0	5,40 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,36 <sup>b</sup>	5,36 <sup>a</sup>	5,36 <sup>a</sup>	5,36 <sup>b</sup>
	6	5,50 <sup>a</sup>	5,27 <sup>a</sup>	5,55 <sup>a</sup>	5,32 <sup>a</sup>	5,46 <sup>a</sup>	5,45 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>	5,61 <sup>a</sup>	5,58 <sup>ab</sup>	5,71 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>	5,89 <sup>a</sup>
	9	5,48 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	5,57 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,34 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>	5,29 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>	5,87 <sup>a</sup>	5,86 <sup>a</sup>	5,77 <sup>a</sup>	5,63 <sup>ab</sup>
8	0	1,43 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>
	6	1,41 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>
	9	1,48 <sup>a</sup>	1,52 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,58 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; J = embalagem permeável de juta; 1 = 2-Metilfurano; 2 = Butanal; 3 = 2-Metilbutanal; 4 = 3-Metilbutanal; 5 = 2,5-Dimetilfurano; 6 = Imidazol; 7 = 2,3-Pentanodiona; 8 = 1-metil-1H-pirrol; \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 24 – Áreas relativas (%) dos compostos voláteis identificados nas amostras de cafés armazenados.

(continua)

Compostos voláteis	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
9	0	0,48 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>
	6	0,47 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,50 <sup>ab</sup>	0,52 <sup>a</sup>
	9	0,45 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,51 <sup>a</sup>
10	0	8,07 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>	8,07 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	9,65 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>
	6	8,64 <sup>a</sup>	8,68 <sup>a</sup>	7,88 <sup>a</sup>	10,07 <sup>a</sup>	8,85 <sup>a</sup>	8,81 <sup>a</sup>	7,92 <sup>a</sup>	8,42 <sup>a</sup>	6,66 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	8,08 <sup>a</sup>
	9	9,46 <sup>a</sup>	9,48 <sup>a</sup>	8,83 <sup>a</sup>	9,81 <sup>a</sup>	8,60 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>	7,93 <sup>a</sup>	9,88 <sup>a</sup>	6,55 <sup>a</sup>	5,97 <sup>a</sup>	7,25 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>
11	0	1,83 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,76 <sup>ab</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>
	6	1,78 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,86 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,68 <sup>b</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>
	9	1,82 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,58 <sup>b</sup>	1,70 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	1,68 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>
12	0	10,71 <sup>a</sup>	10,71 <sup>a</sup>	10,71 <sup>a</sup>	10,71 <sup>a</sup>	9,86 <sup>a</sup>	9,86 <sup>a</sup>	9,86 <sup>a</sup>	9,86 <sup>a</sup>	10,58 <sup>a</sup>	10,58 <sup>a</sup>	10,58	10,58 <sup>a</sup>
	6	10,43 <sup>a</sup>	10,51 <sup>a</sup>	9,98 <sup>a</sup>	10,20 <sup>a</sup>	10,08 <sup>a</sup>	9,87 <sup>a</sup>	9,71 <sup>a</sup>	9,53 <sup>a</sup>	10,85 <sup>a</sup>	10,06 <sup>a</sup>	9,64	9,41 <sup>a</sup>
	9	10,57 <sup>a</sup>	10,22 <sup>a</sup>	9,70 <sup>a</sup>	9,53 <sup>a</sup>	9,78 <sup>a</sup>	9,41 <sup>a</sup>	9,90 <sup>a</sup>	9,93 <sup>a</sup>	10,18 <sup>a</sup>	10,25 <sup>a</sup>	10,06	10,45 <sup>a</sup>
13	0	2,32 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>
	6	2,08 <sup>a</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1,97 <sup>ab</sup>	2,05 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	2,44 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>
	9	1,97 <sup>a</sup>	1,93 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,79 <sup>b</sup>	1,91 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	2,48 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,20 <sup>a</sup>	2,40 <sup>a</sup>
14	0	1,49 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,49 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,20	1,48 <sup>ab</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>
	6	1,38 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,18	1,59 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,20 <sup>b</sup>	1,16 <sup>b</sup>
	9	1,29 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,17	1,31 <sup>b</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,25 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>ab</sup>
15	0	1,34 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,30 <sup>ab</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>
	6	1,30 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,17 <sup>ab</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,08 <sup>b</sup>
	9	1,23 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,12 <sup>b</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	1,17 <sup>b</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>	1,23 <sup>ab</sup>
16	0	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,25 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>
	6	1,39 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,28 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,47 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,23 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>
	9	1,31 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,29 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m =

6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; 9 = 3-Metilfenol; 10 = Piridina; 11 = Pirazina; 12 = Metilpirazina; 13 = 1-Propanotiol; 14 = 2,5-Dimetilpirazina; 15 = 2,6-Dimetilpirazina; 16 = Etilpirazina; \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 24 – Áreas relativas (%) dos compostos voláteis identificados nas amostras de cafés armazenados.

(continua)

Compostos voláteis	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
17	0	2,07 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>	2,23 <sup>a</sup>
	6	2,26 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	1,92 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1,91 <sup>a</sup>	2,28 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>
	9	1,66 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,95 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>	2,07 <sup>a</sup>	1,96 <sup>a</sup>
18	0	7,66 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>	7,66 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,88 <sup>a</sup>	5,88 <sup>b</sup>	5,88 <sup>c</sup>	9,38 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>
	6	6,89 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	7,30 <sup>a</sup>	6,61 <sup>ab</sup>	7,05 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup>	9,33 <sup>a</sup>	9,38 <sup>a</sup>	7,89 <sup>a</sup>	7,90 <sup>a</sup>
	9	6,47 <sup>a</sup>	6,44 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>	6,07 <sup>b</sup>	6,59 <sup>a</sup>	6,91 <sup>a</sup>	7,22 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>b</sup>	9,20 <sup>a</sup>	8,68 <sup>a</sup>	8,38 <sup>a</sup>	8,53 <sup>a</sup>
19	0	5,36 <sup>a</sup>	5,36 <sup>ab</sup>	5,36 <sup>ab</sup>	5,36 <sup>a</sup>	4,20 <sup>b</sup>	4,20 <sup>b</sup>	4,20 <sup>b</sup>	4,20 <sup>b</sup>	8,46 <sup>a</sup>	8,46 <sup>a</sup>	8,46 <sup>a</sup>	8,46 <sup>a</sup>
	6	5,56 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	6,35 <sup>a</sup>	5,25 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>	6,07 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>	6,01 <sup>a</sup>	7,79 <sup>a</sup>	7,43 <sup>ab</sup>	6,79 <sup>ab</sup>	6,60 <sup>b</sup>
	9	4,72 <sup>a</sup>	4,53 <sup>b</sup>	4,79 <sup>b</sup>	4,62 <sup>a</sup>	5,22 <sup>ab</sup>	5,41 <sup>ab</sup>	6,47 <sup>a</sup>	5,46 <sup>ab</sup>	7,14 <sup>a</sup>	6,39 <sup>b</sup>	6,54 <sup>b</sup>	6,88 <sup>ab</sup>
20	0	1,89 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,56 <sup>ab</sup>	1,56 <sup>a</sup>	1,56 <sup>ab</sup>
	6	1,44 <sup>a</sup>	1,64 <sup>a</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,32 <sup>b</sup>	1,37 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,34 <sup>b</sup>
	9	1,82 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,58 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	1,51 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,64 <sup>ab</sup>	1,76 <sup>a</sup>	1,77 <sup>a</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>
21	0	2,56 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	2,56 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,65 <sup>a</sup>
	6	1,40 <sup>b</sup>	1,64 <sup>b</sup>	1,30 <sup>b</sup>	1,23 <sup>b</sup>	1,28 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,26 <sup>a</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,54 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,44 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>
	9	1,70 <sup>b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	1,39 <sup>b</sup>	1,46 <sup>b</sup>	1,50 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,64 <sup>ab</sup>	1,89 <sup>a</sup>	1,88 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>
22	0	0,63 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>
	6	0,56 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,58 <sup>a</sup>	0,54 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,46 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>
	9	0,55 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,55 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,41 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>
23	0	1,03 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>
	6	1,12 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>
	9	1,12 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,09 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	0,99 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>
24	0	2,87 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	2,69 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>
	6	2,76 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,64 <sup>b</sup>	2,67 <sup>b</sup>	2,76 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,01 <sup>a</sup>	2,89 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>
	9	2,81 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,72 <sup>ab</sup>	2,66 <sup>b</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,79 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	3,08 <sup>a</sup>	2,86 <sup>a</sup>	3,03 <sup>a</sup>	3,16 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 17 = 1-hidroxi-2-butanona; 18 = Furfural; 19 = Ácido acético; 20 = Formato de furfural; 21 = 1-(2-Furanyl)-etanona; 22 = Pirrol; 23 = Acetato de 2-furametanol; 24 = 5-Metil-2-furancarboxaldeído; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 24 – Áreas relativas (%) dos compostos voláteis identificados nas amostras de cafés armazenados.

(conclusão)

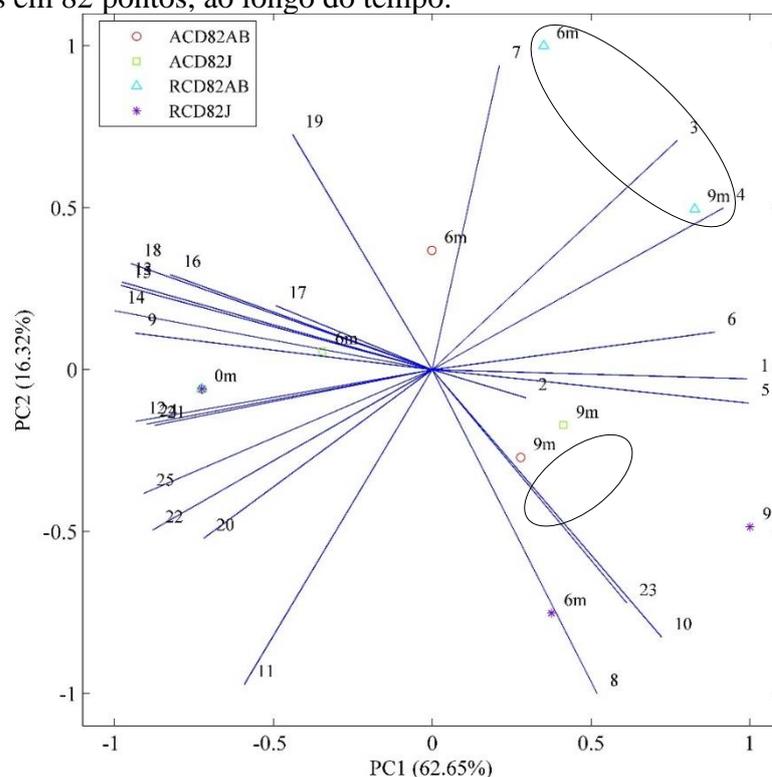
Compostos voláteis	Tempo (meses)	Tratamentos											
		ACD82AB	ACD82J	RCD82AB	RCD82J	AN82AB	AN82J	RN82AB	RN82J	AN84AB	AN84J	RN84AB	RN84J
25	0	12,85 <sup>a</sup>	12,85 <sup>a</sup>	12,85 <sup>a</sup>	12,85 <sup>a</sup>	11,81 <sup>a</sup>	11,81 <sup>a</sup>	11,81 <sup>a</sup>	11,81 <sup>b</sup>	12,48 <sup>a</sup>	12,48 <sup>a</sup>	12,48 <sup>a</sup>	12,48 <sup>a</sup>
	6	12,24 <sup>a</sup>	12,75 <sup>a</sup>	11,98 <sup>ab</sup>	12,77 <sup>ab</sup>	12,07 <sup>a</sup>	12,38 <sup>a</sup>	12,22 <sup>a</sup>	12,18 <sup>b</sup>	12,55 <sup>a</sup>	11,99 <sup>a</sup>	11,38 <sup>a</sup>	11,89 <sup>a</sup>
	9	12,20 <sup>a</sup>	11,98 <sup>a</sup>	11,67 <sup>b</sup>	11,68 <sup>b</sup>	11,67 <sup>a</sup>	11,33 <sup>a</sup>	12,31 <sup>a</sup>	13,44 <sup>a</sup>	12,04 <sup>a</sup>	11,41 <sup>a</sup>	12,02 <sup>a</sup>	12,71 <sup>a</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; 25 = 2-Furametanol. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Para explicar o perfil da composição volátil, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA), que está apresentada para os tratamentos de via úmida Figura 30 e cafés via seca, nas Figuras 31 a 32.

Figura 30 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



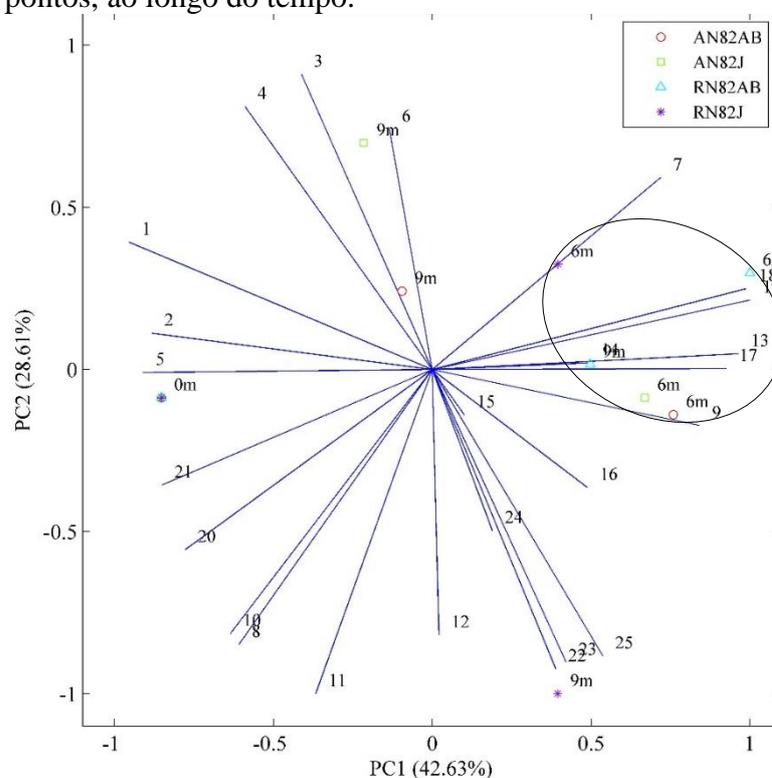
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; 1 = 2-Metilfurano; 2 = Butanal; 3 = 2-Metilbutanal; 4 = 3-Metilbutanal; 5 = 2,5-Dimetilfurano; 6 = Imidazol; 7 = 2,3-Pentanodiona; 8 = 1-metil-1H-pirrol; 9 = 3-Metilfenol; 10 = Piridina; 11 = Pirazina; 12 = Metilpirazina; 13 = 1-Propanotiol; 14 = 2,5-Dimetilpirazina; 15 = 2,6-Dimetilpirazina; 16 = Etilpirazina; 17 = 1-hidroxi-2-butanona; 18 = Furfural; 19 = Ácido acético; 20 = Formato de furfural; 21 = 1-(2-Furanil)-etanona; 22 = Pirrol; 23 = Acetato de 2-furametanol; 24 = 5-Metil-2-furancarboxaldeído; 25 = 2-Furametanol. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Para o perfil de compostos voláteis ao longo do armazenamento dos cafés CD82, destaca-se o agrupamento dos cafés armazenados em alta barreira em ambiente refrigerado (RCD82AB), que após 6 e 9 meses de armazenamento apresentam as maiores concentrações de 2-metilbutanal (3), 3-metilbutanal (4) e 2,3-pentanodiona (7). O composto volátil 2-metilbutanal é responsável por proporcionar sabor de noz, cereal, caramelo e frutado. O composto 3-metilbutanal é caracterizado por aroma de pêsego e sabor frutado, de chocolate, noz e cacau. O composto volátil 2,3-Pentanodiona oferece aroma doce e pungente, de caramelo e noz, com sabor torrado, amanteigado, de caramelo, de marshmallow e melado, segundo a The

Good Sents Company (TGSC). Ao passo que os cafés armazenados em temperatura ambiente após nove meses de armazenamento (ACD82AB e ACD82J) apresentaram influência do composto volátil butanal (2), caracterizado por odor lácteo, verde e de cacau (TGSC). Com isso, observa-se que o resfriamento do ambiente de armazenamento somatizado à embalagem de alta barreira proporcionou preservação da composição química do grão após 9 meses de armazenamento, proporcionando a formação de compostos voláteis agradáveis após a torrefação.

Figura 31 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.



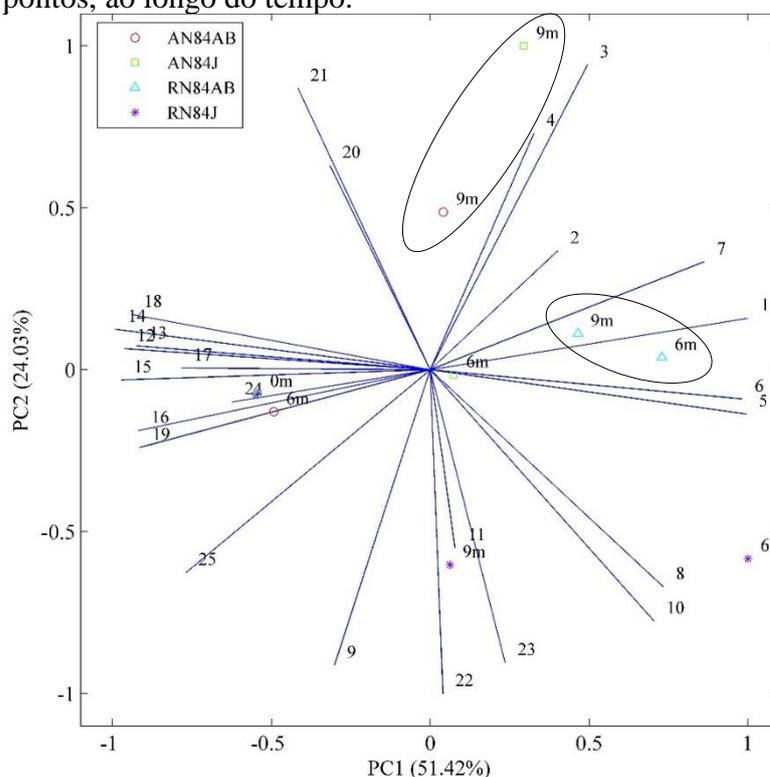
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento. 1 = 2-Metilfurano; 2 = Butanal; 3 = 2-Metilbutanal; 4 = 3-Metilbutanal; 5 = 2,5-Dimetilfurano; 6 = Imidazol; 7 = 2,3-Pentanodiona; 8 = 1-metil-1H-pirrol; 9 = 3-Metilfenol; 10 = Piridina; 11 = Pirazina; 12 = Metilpirazina; 13 = 1-Propanotiol; 14 = 2,5-Dimetilpirazina; 15 = 2,6-Dimetilpirazina; 16 = Etilpirazina; 17 = 1-hidroxi-2-butanona; 18 = Furfural; 19 = Ácido acético; 20 = Formato de furfural; 21 = 1-(2-Furanil)-etanona; 22 = Pirrol; 23 = Acetato de 2-furametanol; 24 = 5-Metil-2-furancarboxaldeído; 25 = 2-Furametanol. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

É observada uma tendência de agrupamento das amostras após 6 meses de armazenamento, independentemente da condição de armazenamento, para o café via seca com avaliação de 82 pontos. No entanto, a única condição de armazenamento na qual preservou a

composição volátil após 9 meses de armazenamento foi alta barreira em ambiente refrigerado (RN82AB). Os principais compostos voláteis responsáveis pelo agrupamento são 1-propanotiol (13), 2,5-dimetilpirazina (14), 1-hidroxi-2-butanona (17), furfural (18) e ácido acético (19). O composto volátil 1-propanotiol é responsável por odor doce; 2,5-dimetilpirazina por aroma de chocolate e sabor de cacau e noz; 1-hidroxi-2-butanona oferece odor doce e caramelo, sabor alcoólico com notas de grãos tostados; furfural possui aroma doce, de amêndoa, tostado e pão, sabor de caramelo com uma nuance adstringente queimado; ácido acético fornece sabor ácido pungente e de fruta passada (TGSC). Dessa forma o café apresentou características adocicadas, de chocolate, nozes e ácidas, mesmo após nove meses de armazenamento.

Figura 32 - Análise de Componentes Principais (PCA) de compostos voláteis dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; 1 = 2-Metilfurano; 2 = Butanal; 3 = 2-Metilbutanal; 4 = 3-Metilbutanal; 5 = 2,5-Dimetilfurano; 6 = Imidazol; 7 = 2,3-Pentanodiona; 8 = 1-metil-1H-pirrol; 9 = 3-Metilfenol; 10 = Piridina; 11 = Pirazina; 12 = Metilpirazina; 13 = 1-Propanotiol; 14 = 2,5-Dimetilpirazina; 15 = 2,6-Dimetilpirazina; 16 = Etilpirazina; 17 = 1-hidroxi-2-butanona; 18 = Furfural; 19 = Ácido acético; 20 = Formato de furfural; 21 = 1-(2-Furanil)-etanona; 22 = Pirrol; 23 = Acetato de 2-furametanol; 24 = 5-Metil-2-furancarboxaldeído; 25 = 2-Furametanol. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Observam-se a formação de dois agrupamentos na avaliação dos compostos voláteis para as amostras de cafés naturais avaliadas em 84 pontos (vide Figura 32). Aos 6 e 9 meses de armazenamento em alta barreira em ambiente refrigerado (RN84AB), os cafés naturais apresentaram influência dos compostos voláteis 2-metilfurano (1), 2,5-dimetilfurano (5), imidazol (6) e 2,3-pentanodiona (7). O composto volátil 2-metilfurano apresenta odor de chocolate e sabor de café; 2,5-dimetilfurano possui odor e sabor de torrado; e 2,3-pentanodiona, como já citado, fornece aroma doce e pungente, de caramelo e noz, com sabor torrado, amanteigado, de caramelo, de marshmallow e melaço (TGSC). Assim, os cafés naturais armazenados com a combinação de ambiente com elevada concentração de CO<sub>2</sub> e baixa temperatura manteve sua qualidade química por até nove meses, preservando precursores de sabor e aroma desejáveis para cafés de qualidade.

Entretanto, nota-se que os cafés armazenados em condição ambiente apresentaram uma tendência de agrupamento após 9 meses de armazenamento. Os principais compostos responsáveis por esse agrupamento são 2-metilbutanal (3), 3-metilbutanal (4), formato de furfural (20) e 1-(2-furânil)-etanona (21). Como já apresentado, 2-metilbutanal possui sabor de noz, cereal, caramelo e frutado, e 3-metilbutanal apresenta aroma de pêsego e sabor frutado, de chocolate, noz e cacau. Ambos compostos voláteis são desejáveis para cafés de qualidade. No entanto, o composto volátil formato de furfural apresenta odor etéreo e o composto 1-(2-furânil)-etanona odor balsâmico-doce com um sabor semelhante ao tabaco, estas características sensoriais, quando obtidas em alta intensidade, não são desejáveis para cafés de qualidade.

#### **4.4.5 Análise sensorial**

##### **4.4.5.1. Tratamentos CD82**

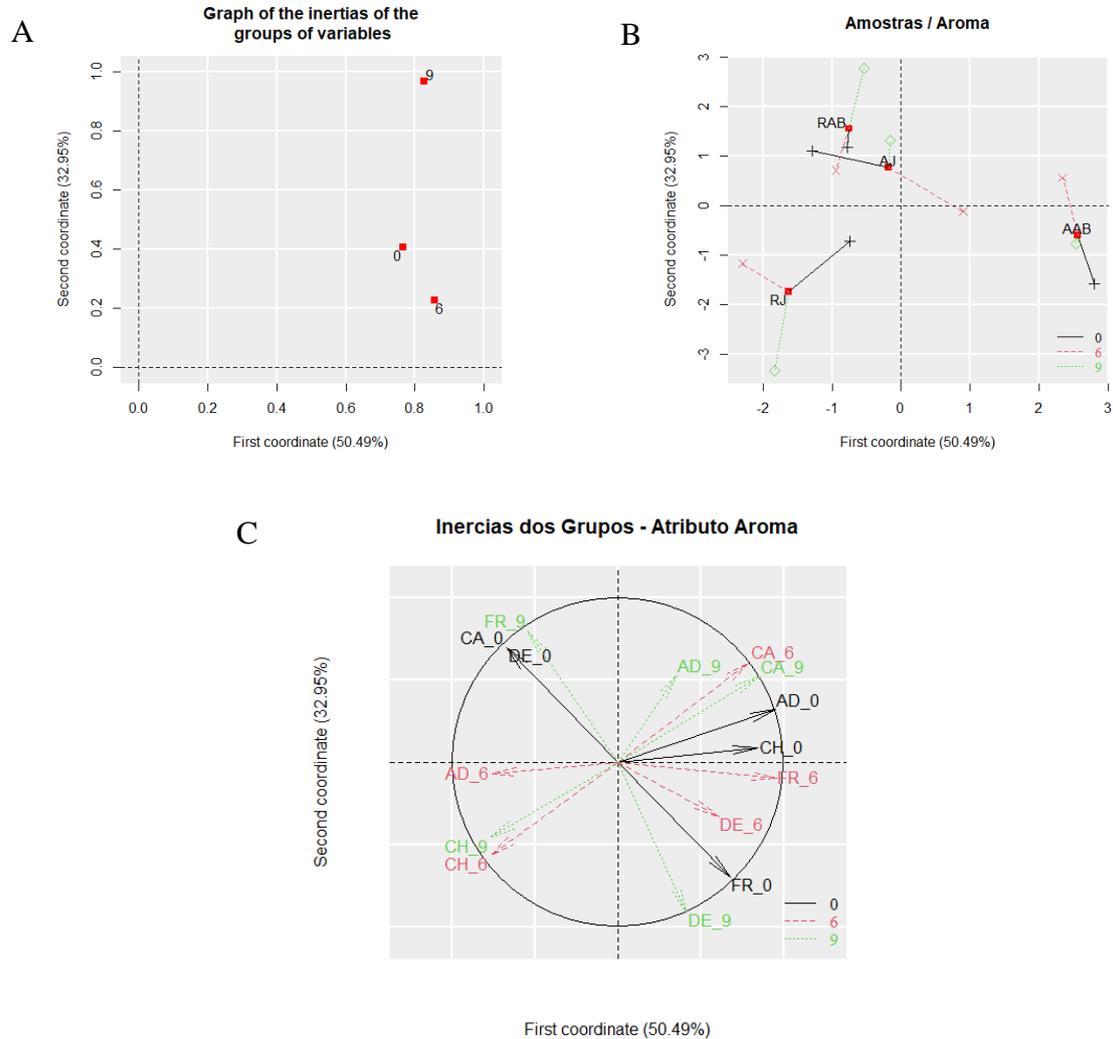
Os resultados da análise de múltiplos fatores para a análise sensorial são apresentados abaixo, para cada um dos atributos analisados: aroma, sabor, acidez e corpo. Os aromas predominantes das bebidas do café que foram armazenados em diferentes embalagens e temperaturas ao longo de 9 meses foram das classes frutado, adocicado, castanha, chocolate e defeitos. Os resultados da análise sensorial mostram que, para os atributos relacionados ao aroma, as amostras com 9 meses de armazenamento diferem das amostras com 0 e 6 meses (Figura 33A). O gráfico de correspondência (Figura 33B), que relaciona as fontes de variação nos grupos, apresenta vetores opostos que indicam a influência dos grupos perante a fonte de

variação. Nesse caso, as fontes de variação são os tratamentos (RAB, RJ, AAB, AJ) em função do tempo de armazenamento.

Como mostra a Figura 33B, os cafés armazenados em AAB foram separados pela primeira coordenada com 50,49% de variabilidade dos outros tratamentos RAB, AJ e RJ. A interação entre os grupos perante as fontes de variação mostra que, para o tratamento AAB, os vetores de 0 e 6 meses são opostos e de mesma dimensão, significando que estes tempos de armazenamento influenciaram nas descrições do aroma do café. Para RJ, os vetores dos 3 grupos estão em direções opostas, indicando que, para cada tempo de armazenamento, as descrições de aroma foram distintas. Para AJ, os tempos de 0 e 6 meses mostraram a maior interferência para as descrições sensoriais de aroma; já para RAB, os vetores dos grupos 0 e 6 meses estão em direções semelhantes e opostas ao grupo que possui maior vetor, o de 9 meses, indicando que 0 e 6 meses de armazenamento possuem descrição de aroma semelhantes entre si e distintas de 9 meses de armazenamento.

Os descritores para o centroide AAB descrevem o aroma para os tratamentos com 83,44% de explicação. Dessa forma, para AAB: com 0 meses de armazenamento o aroma foi descrito como frutado (com 83,44% de explicação), chocolate e adocicado (ambos com 50,49% de explicação); com 6 meses de armazenamento como castanhas, (com 83,44% de explicação) frutado e defeituoso (ambos com 50,49% de explicação); e com 9 meses de armazenamento a descrição de aroma foi defeituoso, (com 83,44% de explicação) adocicado e castanha (ambos com 50,49% de explicação).

Figura 33 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Círculo de correspondência para aroma)



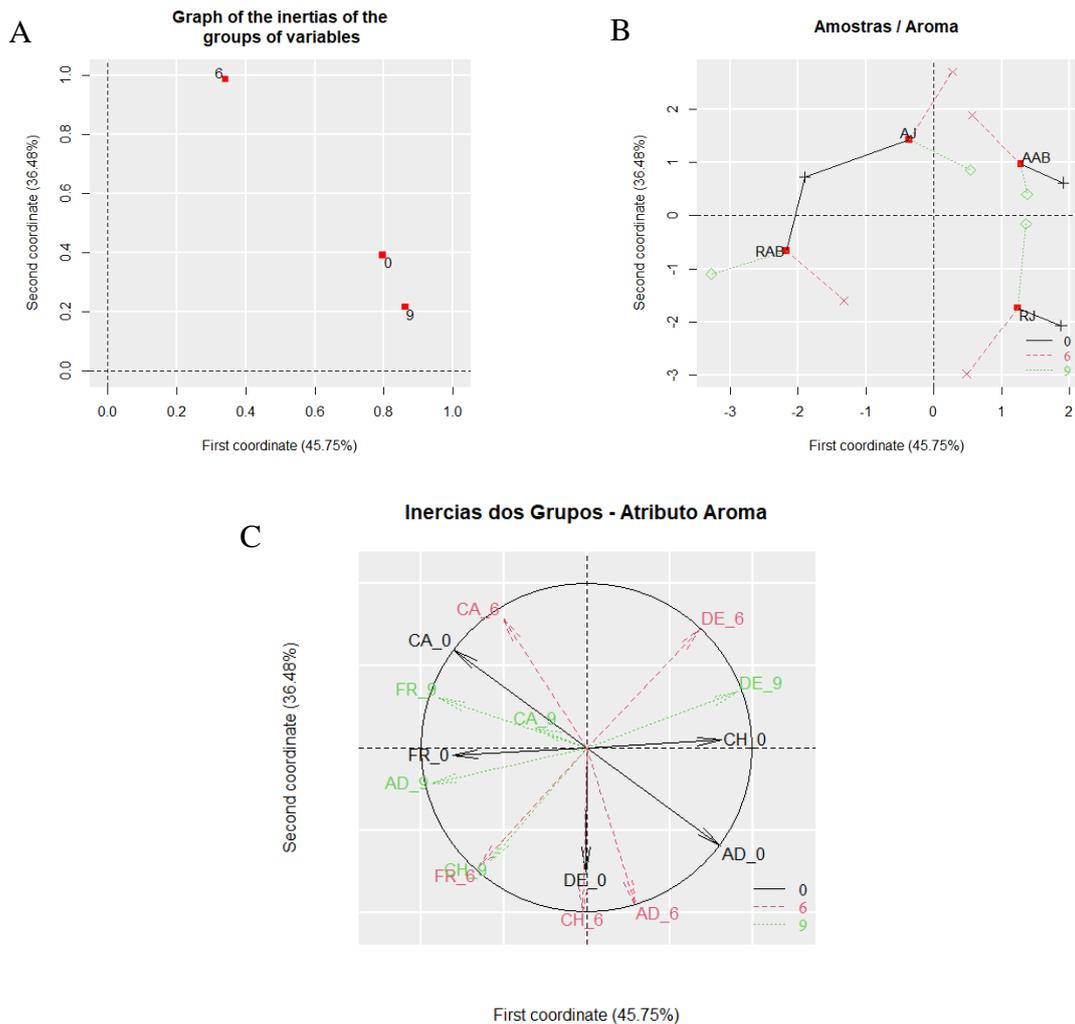
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; AD = adocicado; CH = chocolate; CA = castanhas; DE = defeitos.

Fonte: Do autor (2023).

Para o atributo sabor, o tempo de 6 meses foi mais impactante na diferença de descrição, quando comparado aos tempos de 0 e 9 meses (Figura 34A). Cada tratamento encontra-se em um quadrante distinto (Figura 34B), sendo AJ separado pelos valores negativos da primeira coordenada (45,75%) e positivos da segunda coordenada (36,49%), com vetores opostos para ambos os tempos de tratamento. O centroide AAB foi classificado entre os valores positivos da primeira e segunda coordenadas, e com vetores opostos de 0 e 6 meses de tratamento. RJ foi separado pelos valores positivos da primeira coordenada e negativos da segunda coordenada,

com três vetores de tempo opostos; e RAB separados nos valores negativos de ambas as coordenadas e com os três vetores de tempo opostos, explicando a diferença.

Figura 34 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Círculo de correspondência para sabor).



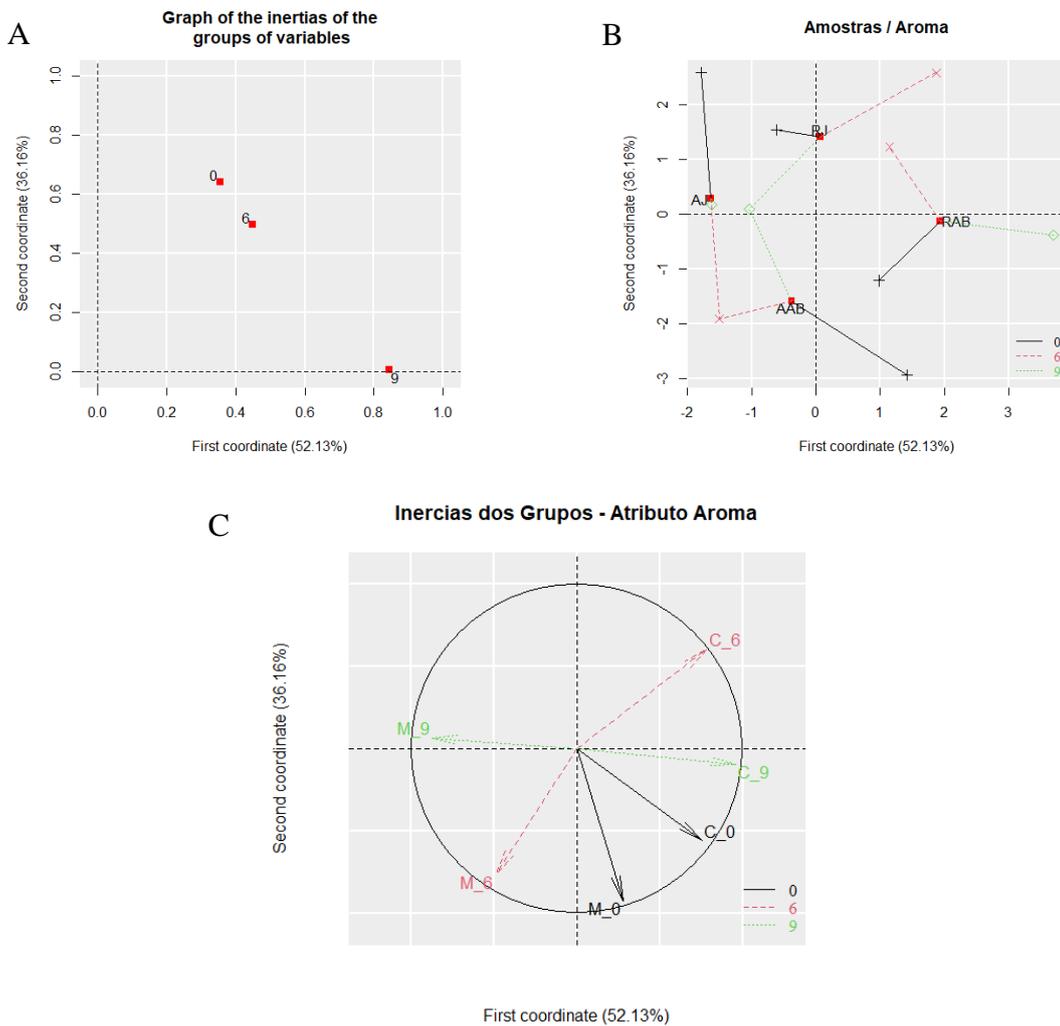
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; AD = adocicado; CH = chocolate; CA = castanhas; DE = defeitos.

Fonte: Do autor (2023).

Na Figura 34C, são destacados os descritores que mais explicam os sabores das amostras AAB, como chocolate no tempo 0 e defeitos nos tempos de 6 e 9 meses. Para as amostras RJ, os descritores adocicados apareceram na avaliação dos cafés nos tempos de 0 e seis meses. As amostras RAB foram classificadas como frutadas no tempo 0, frutadas e chocolate no tempo 6 meses e chocolate e adocicadas no tempo de 9 meses. Já as amostras AJ foram descritas como

de atributo castanha nos tempos de 0 e 6 meses, e castanha e frutadas no tempo de 9 meses. Para o sabor, as amostras RAB foram consideradas mais adocicadas em todos os tempos, o que reflete melhor conservação dos cafés armazenados em ambiente resfriado e em embalagens de alta barreira.

Figura 35 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Círculo de correspondência para acidez).



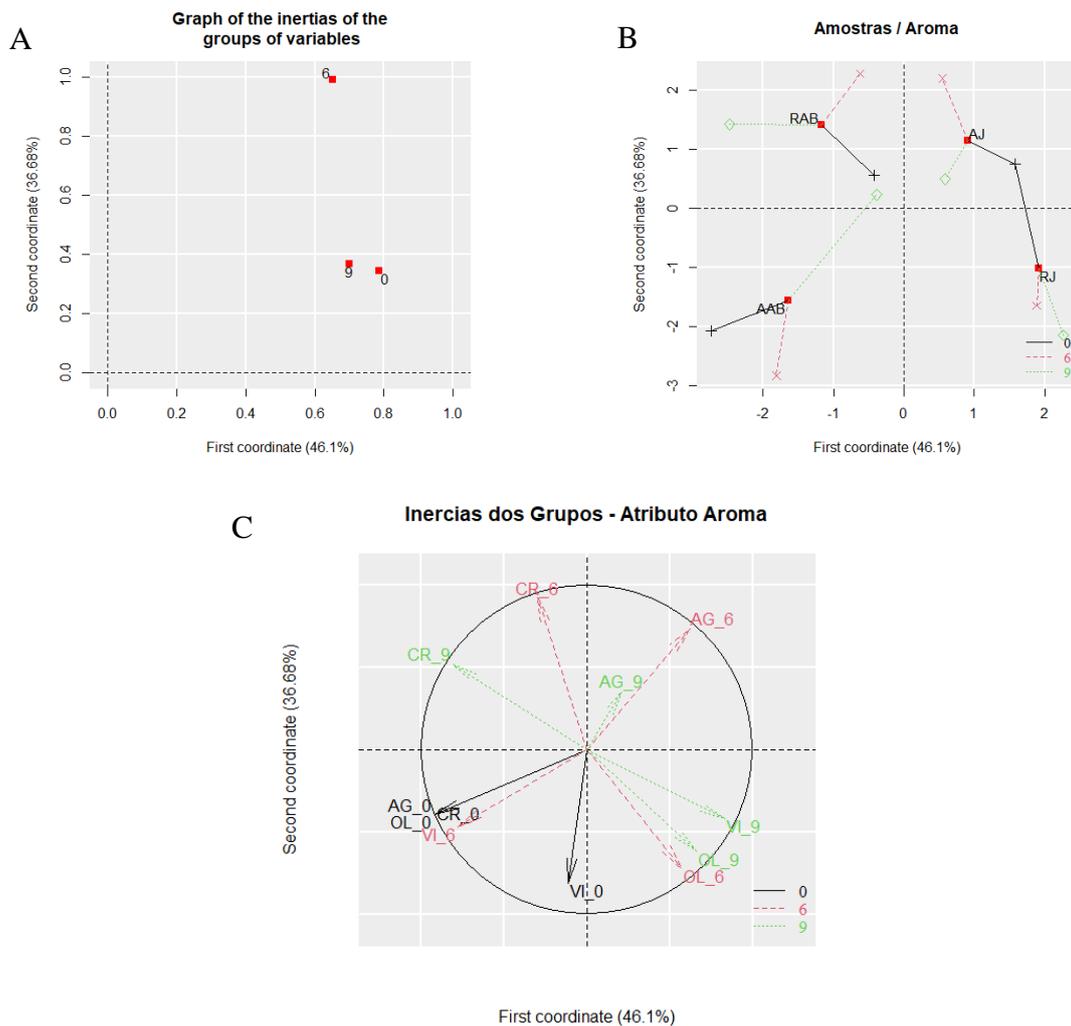
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cítrica; M = málica.

Fonte: Do autor (2023).

Para o atributo acidez, o tempo de 9 meses apresentou maior impacto na descrição que os demais tempos de 0 e 6 meses (Figura 35A). A primeira coordenada (52,13%) separou as amostras RAB das demais, e todos os tratamentos possuem vetores de tempos opostos no centroide, com exceção da amostra AJ, que tem descrição de acidez mais bem explicada nos

tempos de 0 e seis meses (Figura 35B). A amostra RJ foi classificada como de acidez cítrica no tempo de 6 meses, e RAB como de acidez cítrica nos tempos de 0 e 9 meses de armazenamento e málica no tempo 0. A amostra AAB foi classificada com acidez málica no período de seis meses, mesma acidez foi dada para AJ no tempo de 9 meses de armazenamento (Figura 35C).

Figura 36 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Círculo de correspondência para corpo).



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cremoso; VI = viscoso; OL = oleoso; AG = aguado.

Fonte: Do autor (2023).

Para o atributo corpo, as amostras com seis meses de armazenamento diferem das demais, como mostra a Figura 36A. Conforme mostrado na Figura 36B, a amostra AJ foi separada pelos valores positivos da primeira e da segunda coordenada, que juntas explicam

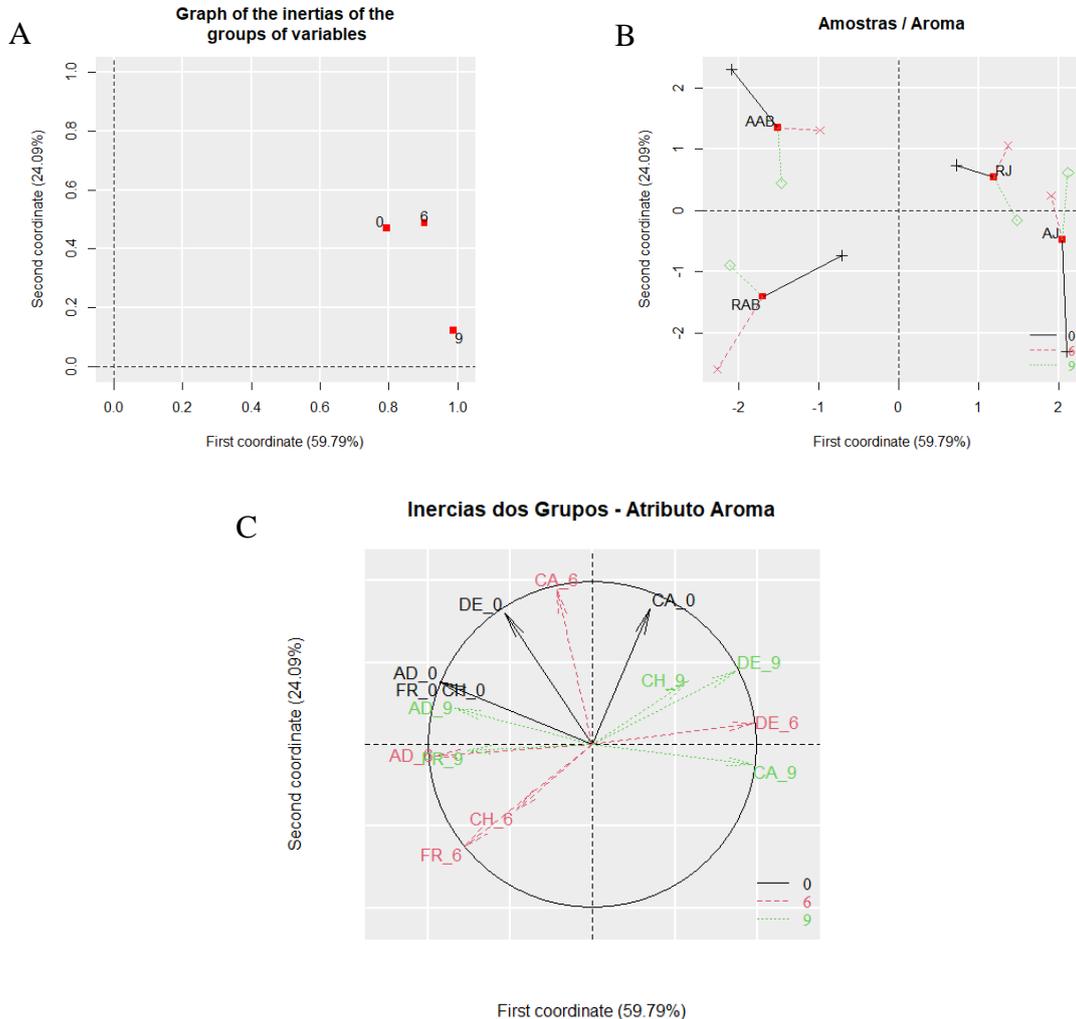
82,78% da variância dos dados. Os vetores do centroide estão opostos, ambos relevantes para a explicação dos resultados. A amostra RJ foi separada pelos valores positivos da primeira coordenada (46,1%) e negativos da segunda coordenada (36,68%), os vetores do centroide que mais explicam os resultados são dos tempos 0 e 9 meses. A amostra AAB encontra-se separada nos valores negativos de ambas as coordenadas, os vetores do centroide estão todos opostos, sendo que o vetor de 9 meses representa o que mais impactou na explicação dos resultados. E para a amostra RAB, separada pelos valores negativos da coordenada 1 e positivos da coordenada 2, os três vetores encontram-se opostos e considerados importantes para a explicação dos resultados.

O corpo foi avaliado (Figura 36C) como aguado, nos tempos de 6 e 9 meses, na amostra AJ; oleoso no tempo de 6 meses e viscoso e oleoso no tempo de 9 meses para a amostra RJ; viscoso, oleoso, cremoso e aguado no tempo 0 e viscoso no tempo de 6 meses de armazenamento para a amostra AAB; e cremoso nos tempos de 6 e 9 meses para a amostra RAB. As condições de armazenamento resfriada e embalagem de alta barreira sugere maior consistência na qualidade do corpo, que permaneceu com a mesma avaliação nos diferentes tempos de armazenamento.

#### **4.4.5.2. Tratamentos N82**

Os resultados da análise de múltiplos fatores para a análise sensorial das amostras N82 são apresentados abaixo. Os aromas predominantes das bebidas do café que foram armazenados em diferentes embalagens e temperaturas ao longo de 9 meses foram das classes frutado, adocicado, castanha, chocolate e defeitos. Os resultados da análise sensorial mostram que, para os atributos relacionados ao aroma, as amostras com 9 meses diferem das amostras com 0 e 6 meses de armazenamento (Figura 37A). O gráfico de correspondência (Figura 37B), apresenta vetores opostos para todas as amostras, evidenciando o impacto dos diferentes tempos na avaliação do aroma. As amostras RJ foram separadas pelos valores positivos da primeira e segunda coordenadas, que juntas representam 83,88% da variabilidade dos dados. As amostras AJ foram separadas pelos valores positivos da primeira coordenada e negativos da segunda coordenada, os vetores do centroide evidenciam impacto do tempo 0 em relação aos tempos de 6 e 9 meses na classificação dos resultados. Os vetores dos centroides RAB e AAB também se encontram opostos e as amostras foram separadas pelos valores negativos da primeira e segunda coordenadas para RAB e, para AAB, as amostras foram separadas pelos valores negativos da primeira coordenada e positivos da segunda.

Figura 37 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Círculo de correspondência para aroma).

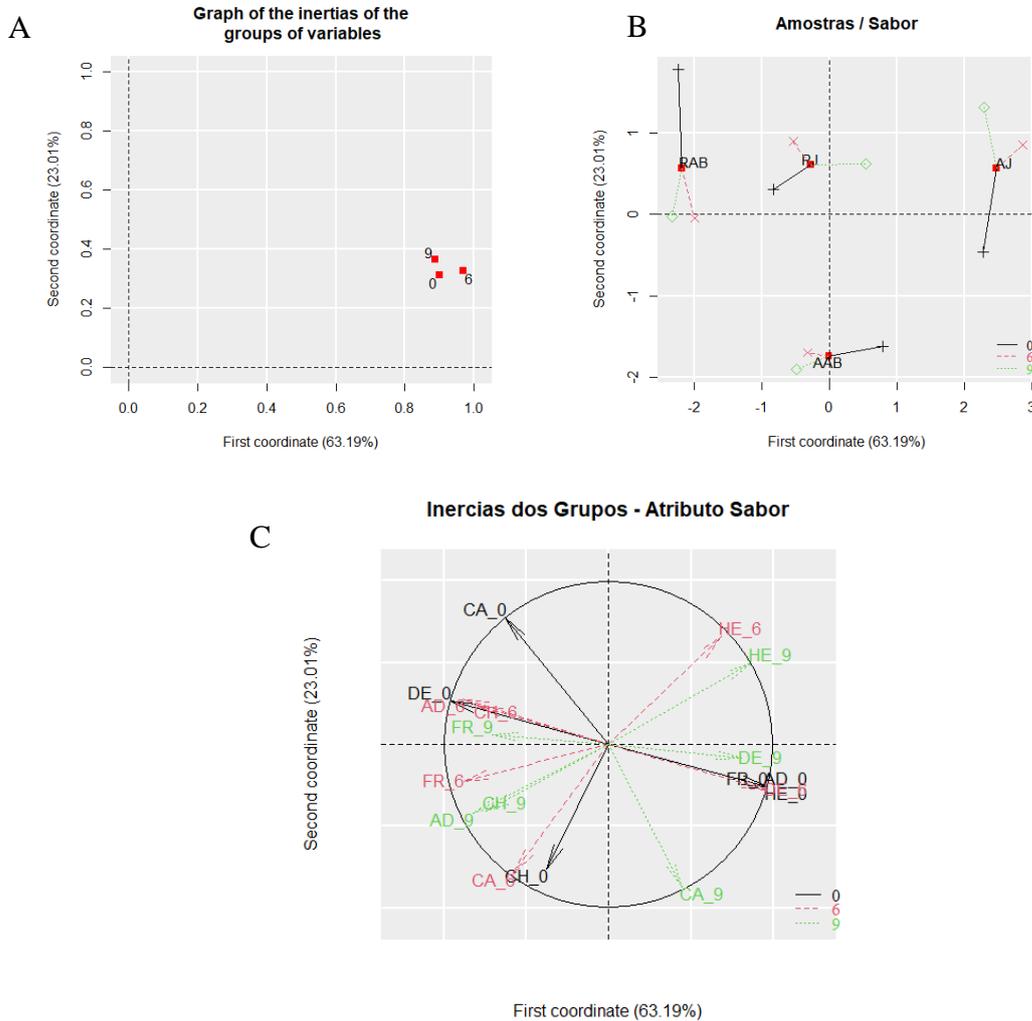


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; AD = adocicado; CH = chocolate; CA = castanhas; DE = defeitos.

Fonte: Do autor (2023).

Conforme Figura 37C, a avaliação de aroma das amostras RJ foi de castanhas no tempo 0 e defeitos nos tempos de 6 e 9 meses. As amostras AJ foram avaliadas com aroma de castanhas após nove meses de armazenamento. Já as amostras RAB foram avaliadas como adocicadas, frutadas e chocolate após 6 meses de armazenamento e como frutadas após 9 meses. No tempo 0, as amostras AAB receberam avaliação de defeitos, notas frutadas, chocolate e adocicadas, além de castanhas no tempo de 6 meses e novamente adocicadas no tempo de 9 meses.

Figura 38 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Círculo de correspondência para sabor).



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; AD = adoçado; CH = chocolate; CA = castanhas; HE = herbáceo; DE = defeitos.

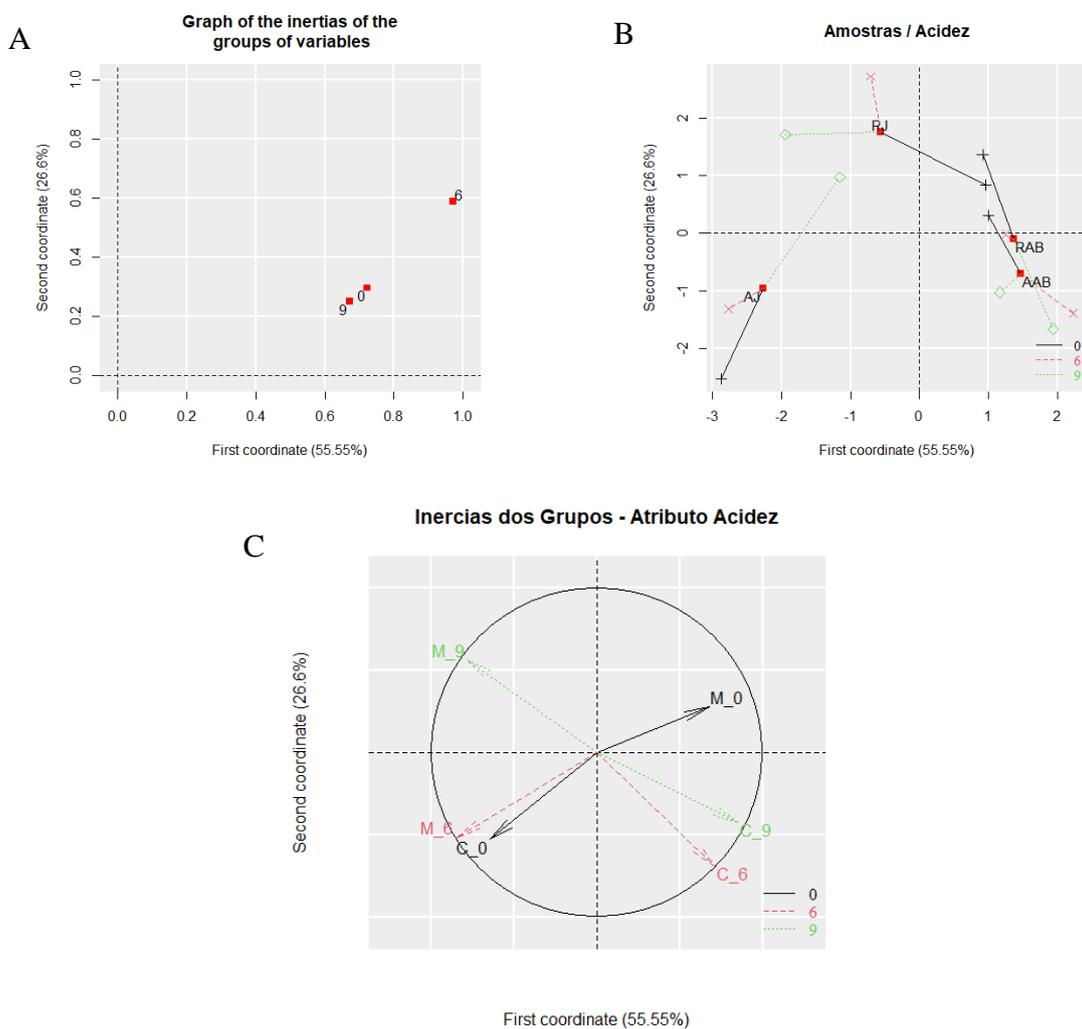
Fonte: Do autor (2023).

Para o atributo sabor (Figura 38A, B e C), o tempo de 6 meses teve maior impacto na avaliação, conforme apresentado na Figura 36A. As amostras AJ foram separadas das demais pela primeira coordenada, que explica 63,19% da variância dos dados. Os vetores dos centroides AJ, RJ, AAB e RAB encontram-se opostos, sendo que os diferentes tempos de armazenamento tiveram impacto na classificação do sabor do café (Figura 38B).

As amostras AJ foram avaliadas com notas de sabor adoçado e herbal no tempo 0 de armazenamento, seguidas de notas de defeitos e herbais nos tempos de 6 e 9 meses de armazenamento (Figura 38C). A Figura 38C mostra ainda que para as amostras AAB, os

descritores de sabor foram de chocolate no tempo 0, castanhas e frutado no tempo de 6 meses de armazenamento e chocolate e adocicado no tempo de 9 meses de armazenamento. As demais amostras, RAB e RJ, foram avaliadas com notas de sabor de castanha e defeitos no tempo 0, notas adocicadas e de chocolate no tempo 6 e sabores frutados no tempo de 9 meses de armazenamento.

Figura 39 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para a acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Círculo de correspondência para acidez).



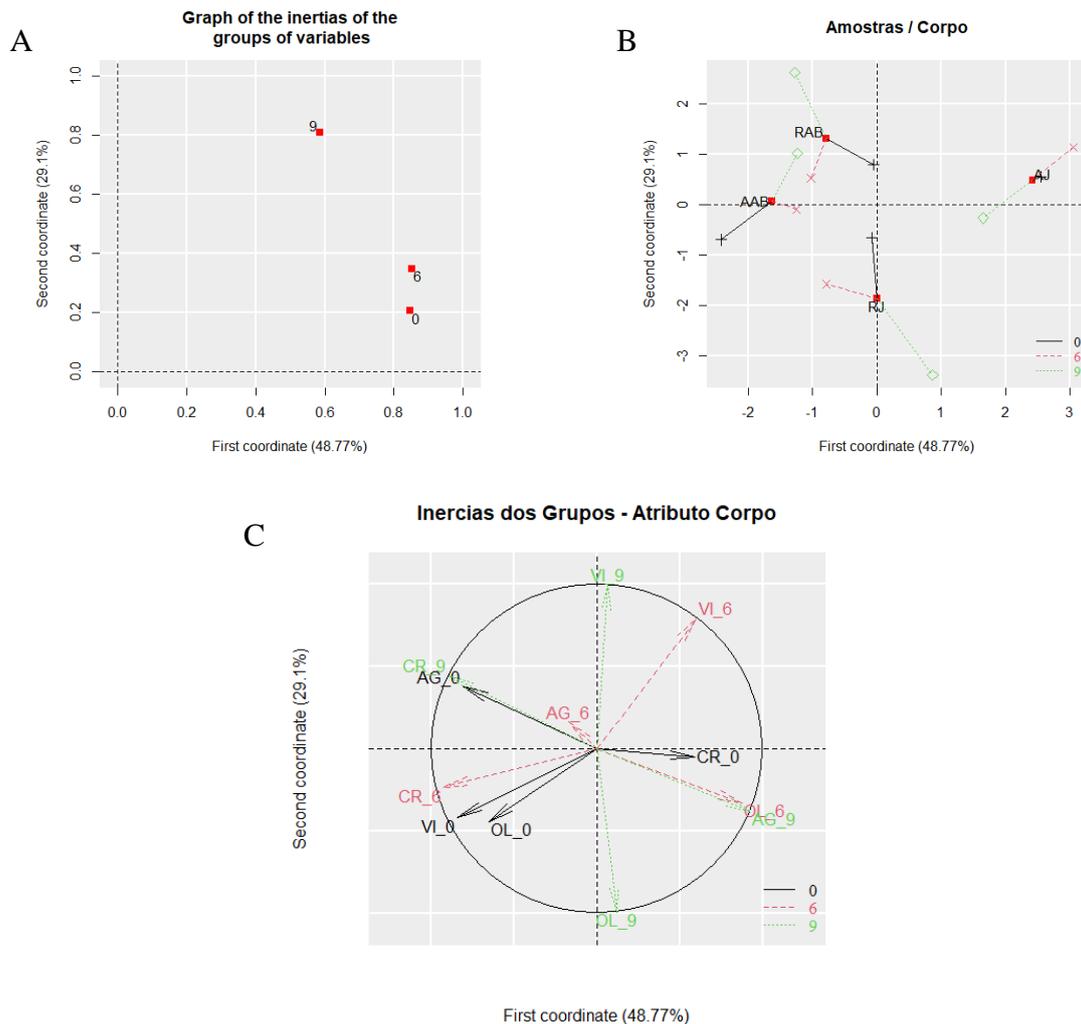
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cítrica; M = málica.

Fonte: Do autor (2023).

Conforme Figura 39A, a avaliação da acidez sofreu maior interferência pelo tempo de 6 meses de armazenamento. A primeira coordenada, que explica 55,55% da variância dos dados separou as amostras RAB e AAB das amostras RJ e AJ (Figura 39B). Os vetores dos centroides

RAB mostram maior impacto dos tempos 0 e 9 meses de armazenamento em RAB, tempos de 0 e 6 meses em AAB, tempos de 0 e 9 meses em AJ e tempos de 0 e 9 meses nas amostras RJ (Figura 39B). As amostras RAB e AAB foram classificadas com acidez cítrica nos tempos de 6 e 9 meses, assim como as amostras AJ no tempo 0 (Figura 39C).

Figura 40 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Círculo de correspondência para corpo).



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cremoso; VI = viscoso; OL = oleoso; AG = aguado.

Fonte: Do autor (2023).

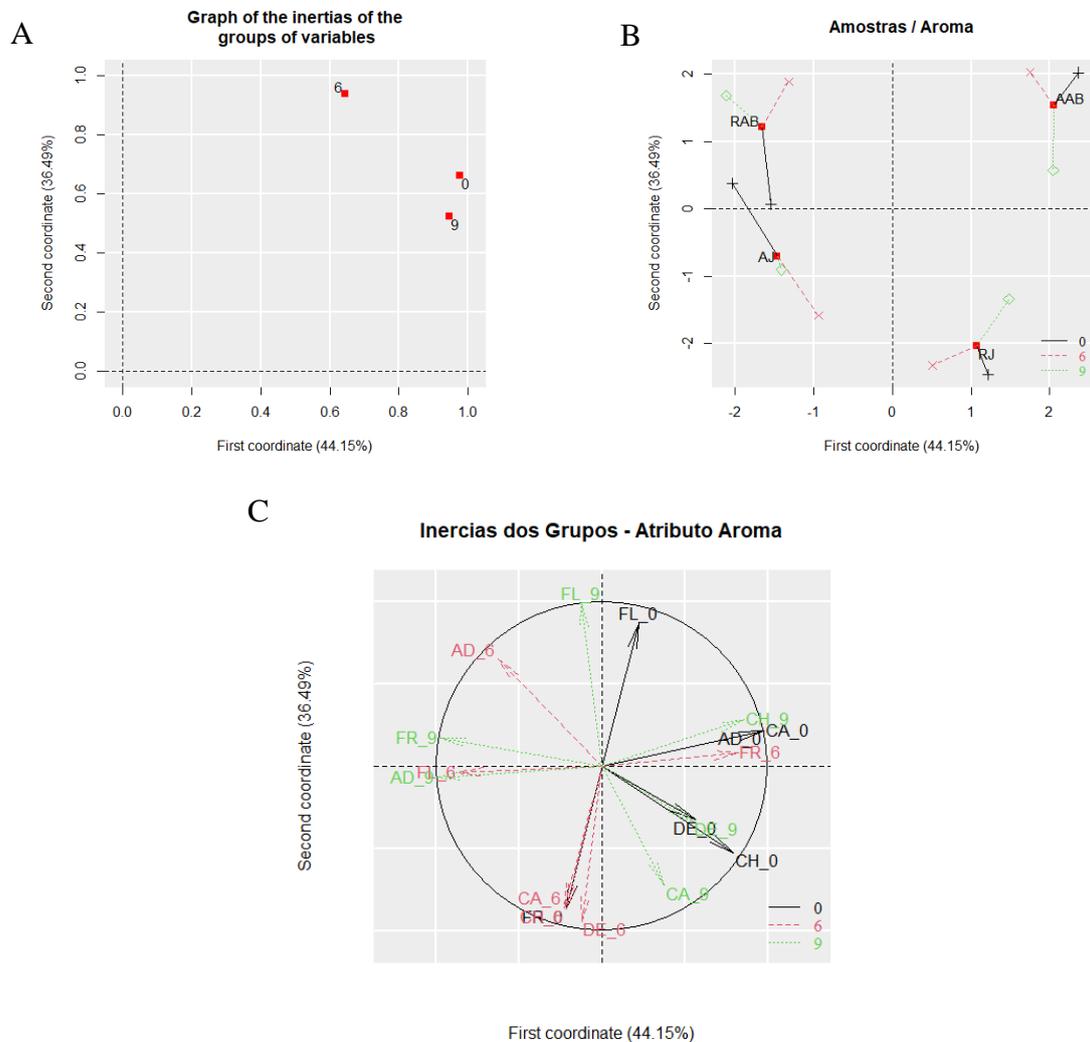
Conforme Figura 40A, a avaliação do corpo das bebidas sofreu maior interferência no tempo de 9 meses em relação aos tempos de 0 e 6 meses de armazenamento. A primeira coordenada, que explica 48, 77% da variância dos dados separou as amostras AJ das demais

(Figura 40B). Os vetores do centroide AJ opostos em relação aos tempos de 6 e 9 meses como maiores fontes de variação das classificações (Figura 40B). Mesmo comportamento é observado nas amostras RJ. Já para os centroides RAB e AAB, os vetores opostos de 0 e 9 meses sugerem estes tempos como de maiores fontes de variação na classificação do corpo destas amostras (Figura 40B). As principais avaliações de corpo recebidas pelas amostras AJ foram de vinhoso e oleoso após 6 meses de armazenamento e aguado e vinhoso após 9 meses (Figura 40C). As amostras RJ foram classificadas com corpo vinhoso e oleoso no tempo 0, cremoso no tempo 6 e oleoso no tempo de 9 meses de armazenamento. As amostras RAB e AAB receberam classificação de corpo aguado no tempo 0 e cremoso no tempo 9.

#### **4.4.5.4. Tratamentos N84**

Os resultados da análise de múltiplos fatores para a análise sensorial dos tratamentos N84 são apresentados, a seguir, para cada um dos atributos analisados: aroma, sabor, acidez e corpo. Os resultados da análise sensorial mostram que, para os atributos relacionados ao aroma, as amostras com 6 meses de armazenamento sofreram maior interferência em sua avaliação do que as amostras com 0 e 9 meses (Figura 41A). O gráfico de correspondência, que relaciona as fontes de variação nos grupos, apresenta vetores opostos que indicam a influência dos grupos perante a fonte de variação (Figura 41B).

Figura 41 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do aroma da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o aroma, B – Gráfico de correspondência para aroma, C – Círculo de correspondência para aroma).



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; FL = floral; AD = adocicado; CH = chocolate; CA = castanhas; DE = defeitos.

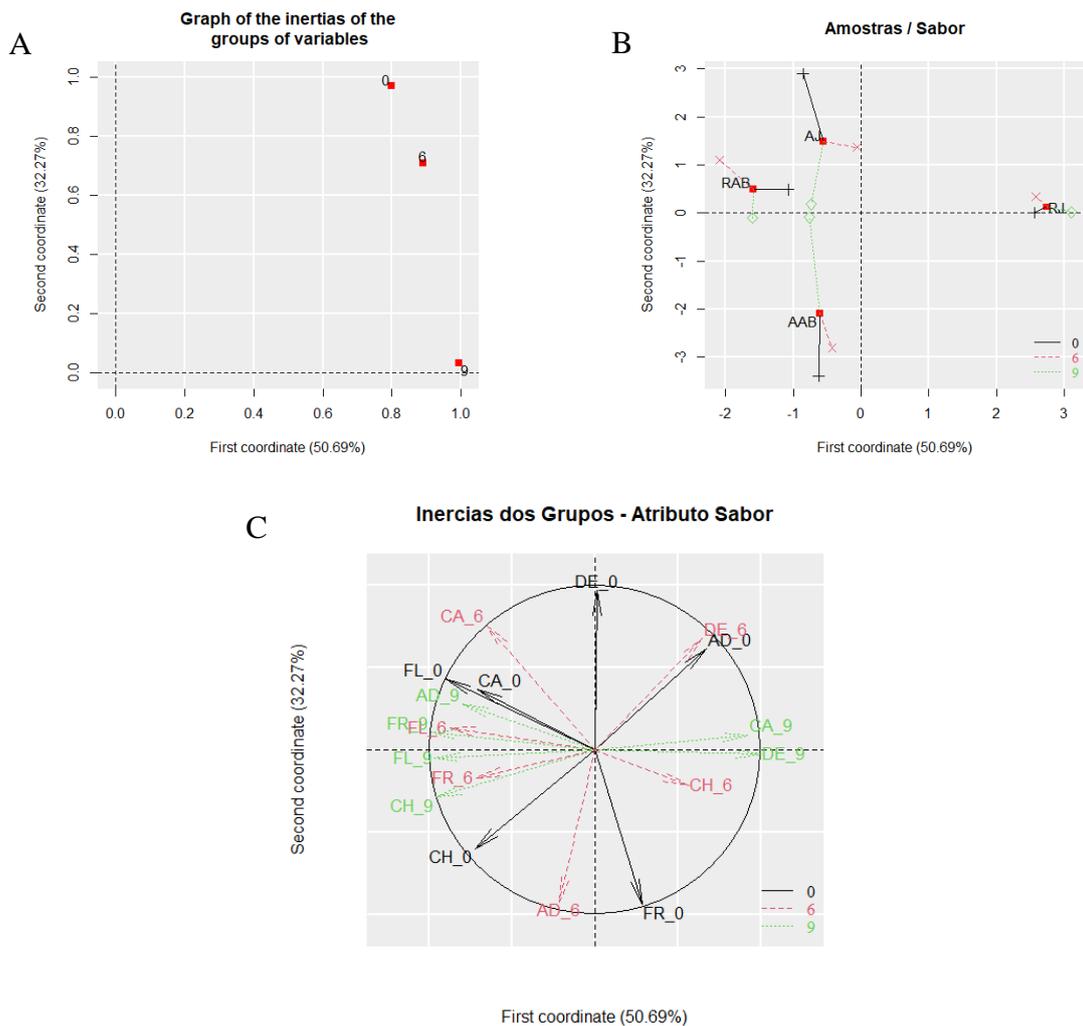
Fonte: Do autor (2023).

A primeira coordenada, que explica 44,15% da variância dos dados, separou as amostras AAB e RJ das amostras RAB e AJ (Figura 41B). As amostras AAB encontram-se no primeiro quadrante do gráfico de correspondência, cujos vetores que relacionam as fontes de variação estão todos opostos. As amostras RJ encontram-se no segundo quadrante, cujos vetores opostos também evidenciam os três diferentes tempos de armazenamento como fontes de variação. As amostras AJ, agrupadas no terceiro quadrante do gráfico de correspondência, possuem os

vetores dos tempos de 0 e 6 meses opostos, representando a maior fonte de variação na classificação do aroma. As amostras RAB, agrupadas no quarto quadrante, possuem os vetores dos três tempos de armazenamento opostos, como principais fontes de variação na explicação das classificações.

A Figura 41C, com o círculo de correlação, sugere que as amostras AAB foram avaliadas como de aromas adocicados e florais no tempo 0, frutados no tempo 6 e chocolate no tempo 9. As amostras RJ apresentaram aromas de chocolate e defeitos no tempo 0, e defeitos e castanhas no tempo 9. As amostras AJ receberam avaliação de aroma frutado no tempo 0, além de defeitos, chocolate e castanhas no tempo 6. As amostras RAB receberam avaliação de adocicadas no tempo 6 e aromas frutados e florais no tempo 9.

Figura 42 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do sabor da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o sabor, B – Gráfico de correspondência para sabor, C – Círculo de correspondência para sabor).



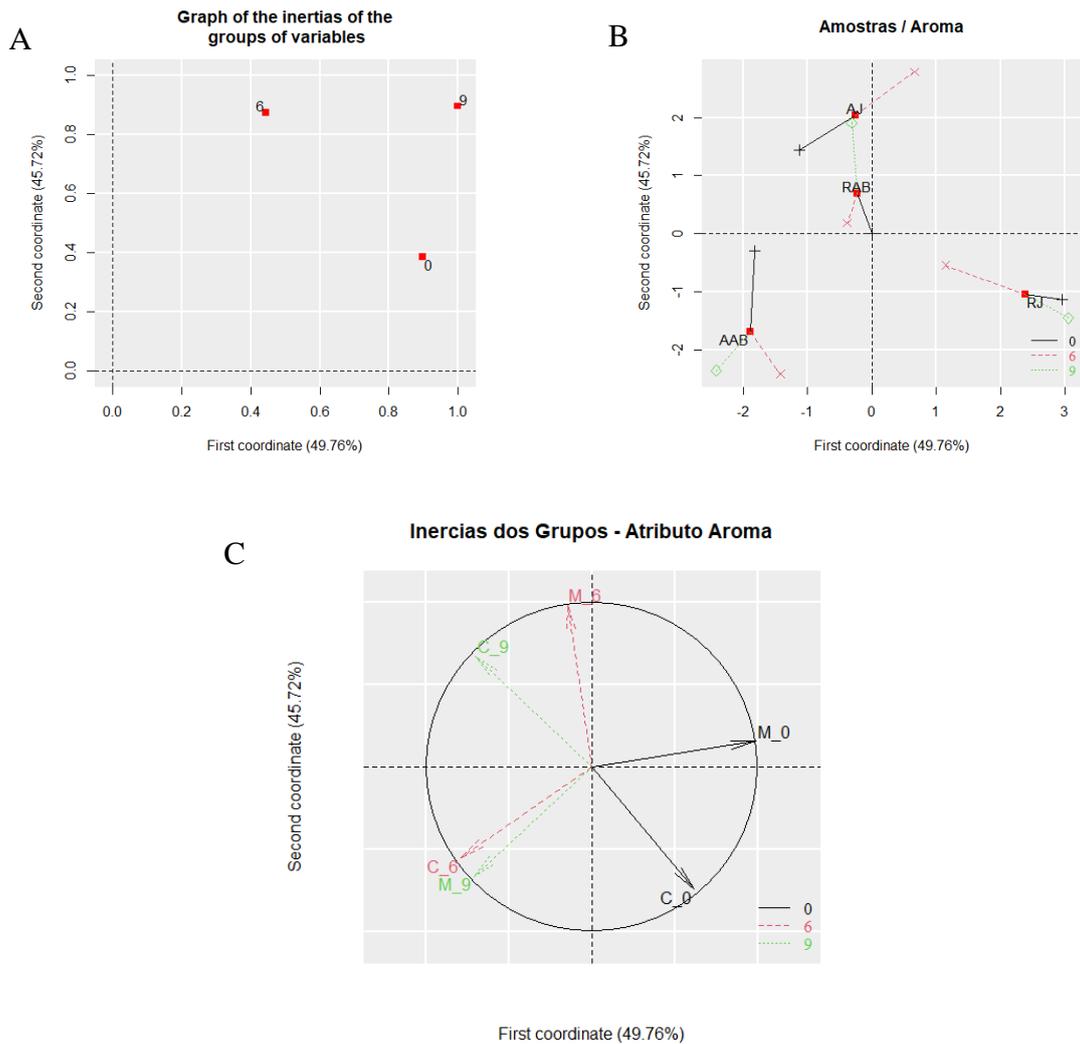
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: FR = frutado; FL = floral; AD = adocicado; CH = chocolate; CA = castanhas; DE = defeitos.

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados mostram que, para os atributos relacionados ao sabor, as amostras com 9 meses de armazenamento sofreram maior interferência na avaliação que as amostras com 0 e 6 meses (Figura 42A). O gráfico de correspondência, Figura 42B, mostra que as amostras RJ foram separadas das demais pela primeira coordenada, que representa 50,69% da variância dos dados. O centroide RJ possui os três vetores opostos, entretanto com pouca influência na explicação da variação dos dados. Os centroides RAB, AAB e AJ possuem os três vetores opostos, tendo os diferentes tempos como influentes nos resultados da avaliação do sabor.

As amostras RJ foram avaliadas com sabor frutado e adocicado no tempo 0, chocolate e defeitos no tempo 6 e defeitos e castanhas no tempo 9. As amostras AAB foram avaliadas com sabor chocolate no tempo 0, sabores adocicados e frutados no tempo 6 e chocolate e floral no tempo 9. As amostras RAB foram avaliadas com sabores florais e de castanha no tempo 0, florais no tempo 6 e adocicadas e frutadas no tempo 9. As amostras AJ foram avaliadas com sabores de defeito no tempo 0 e castanhas no tempo 6. Novamente, as amostras armazenadas em alta barreira e refrigeradas não obtiveram avaliações de defeitos, o que mostra o maior potencial de proteção dos grãos e manutenção da qualidade da bebida dadas as condições de acondicionamento.

Figura 43 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação da acidez da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para a acidez, B – Gráfico de correspondência para acidez, C – Círculo de correspondência para acidez).



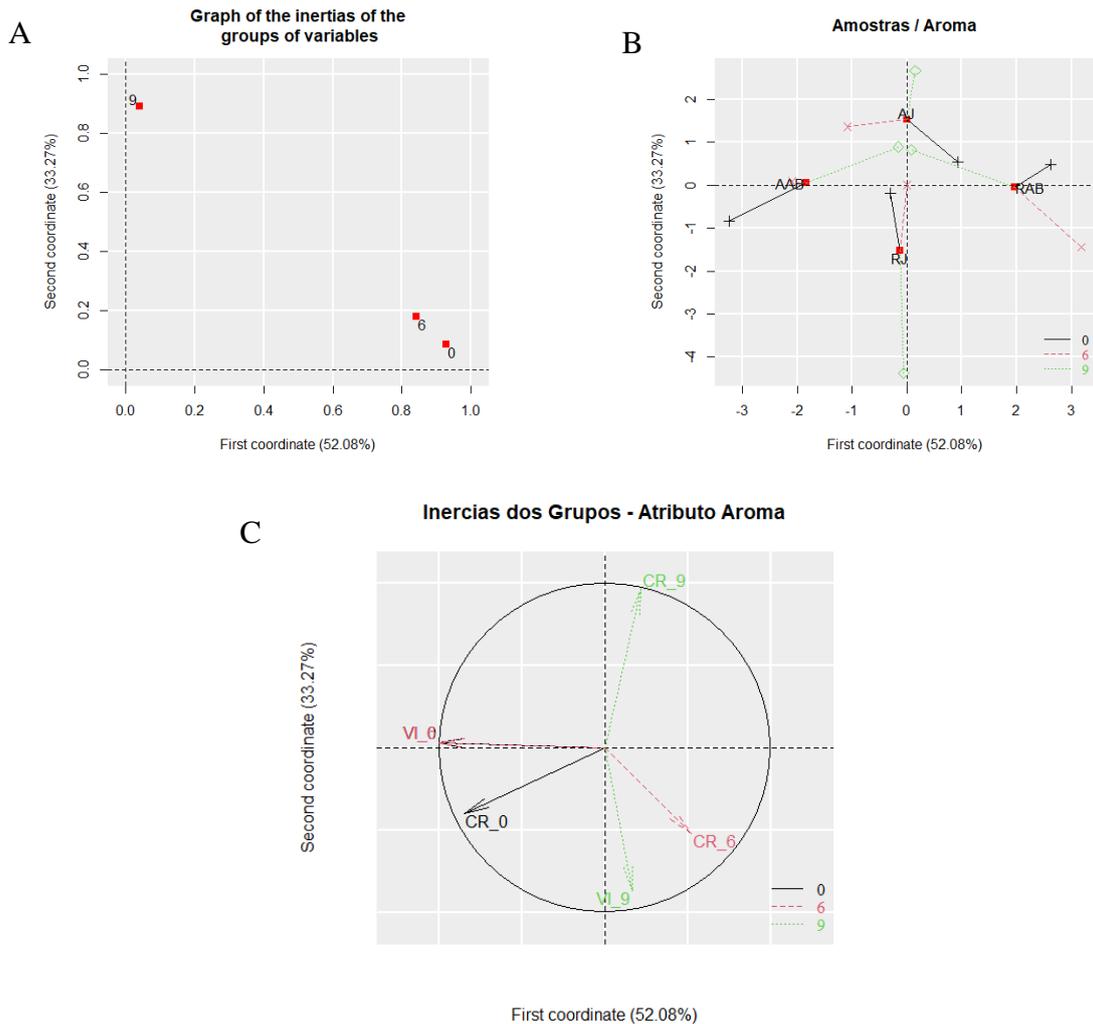
Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cítrica; M = málica.

Fonte: Do autor (2023).

Conforme Figura 43A, a avaliação da acidez sofreu interferência dos três tempos de armazenamento, de 0 a 9 meses. A primeira coordenada, que explica 49,76% da variância dos dados separou as amostras RJ das demais (Figura 43B). Os vetores dos centroides RJ mostram maior impacto dos tempos 6 e 9 meses de armazenamento na avaliação, AJ com vetores opostos dos tempos de 0 e seis meses e as demais amostras, RAB e AAB com os três vetores opostos,

sugerindo a influência dos tempos de 0, 6 e 9 meses na avaliação do atributo acidez. As amostras RJ foram avaliadas com acidez málica e cítrica no tempo 0, assim como as amostras AAB, porém nos tempos de 6 e 9 meses. Mesma classificação de acidez foi dada para as amostras RAB e AJ, nos tempos de 6 e 9 meses de armazenamento (Figura 43C).

Figura 44 - Análise de múltiplos fatores para a avaliação do corpo da bebida de cafés dos grãos processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo. (A – Gráfico de inércia dos grupos para o corpo, B – Gráfico de correspondência para corpo, C – Círculo de correspondência para corpo).



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta; ; 0m = 0 meses de armazenamento; 6m = 6 meses de armazenamento; 9m = 9 meses de armazenamento; Atributos: C = cremoso; VI = viscoso; OL = oleoso; AG = aguado.

Fonte: Do autor (2023).

Para o atributo corpo, as amostras com 9 meses de armazenamento diferem das demais, como mostra a Figura 44A. Conforme mostrado na Figura 42B, a primeira coordenada, que explica 52,08% da variância dos dados, separou as amostras AAB e RAB e a segunda coordenada, que explica 33,27% da variância dos dados, separou as amostras AJ e RJ. Com

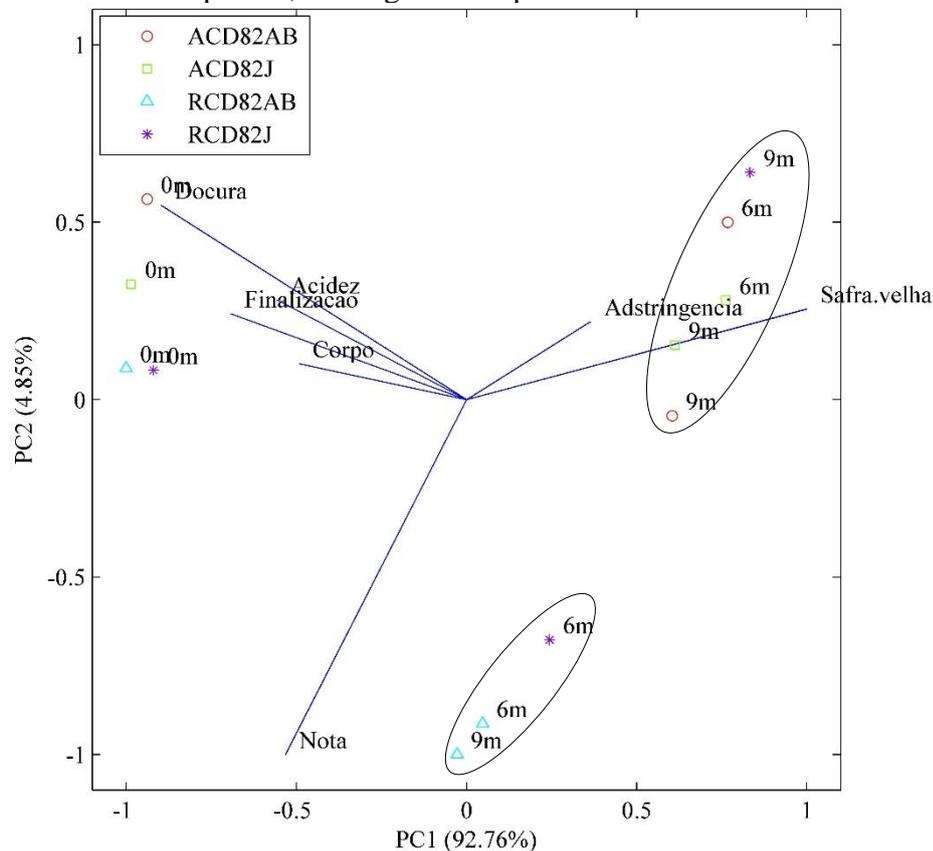
exceção das amostras AAB, que têm os vetores opostos para os tempos 0 e 9 meses apenas, todas as demais possuem os três vetores opostos, e os três tempos de armazenamento são relevantes para a explicação dos dados (Figura 44B).

O corpo foi avaliado (Figura 44C) como cremoso e vinhoso, nos tempos de 6 e 9 meses, para as amostras RAB; cremoso no tempo 0 para as amostras RJ, vinhoso no tempo 6 para as amostras AAB; e cremoso no tempo 9 para as amostras AJ.

#### 4.4.5.5. Análises de componentes principais para a análise sensorial

As análises de componentes principais (PCA) dos tratamentos CD82 (Figura 45) mostra um agrupamento das amostras armazenadas em sacos de juta e alta barreira, nos tempos de 6 e 9 meses, acondicionadas em ambiente sem controle de temperatura, aos descritores adstringência e safra velha. Outro agrupamento é observado para as amostras armazenadas refrigeradas em alta barreira, nos tempos 6 e 9 meses, e em embalagem de juta aos 6 meses, ao vetor da nota sensorial.

Figura 45 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via úmida, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

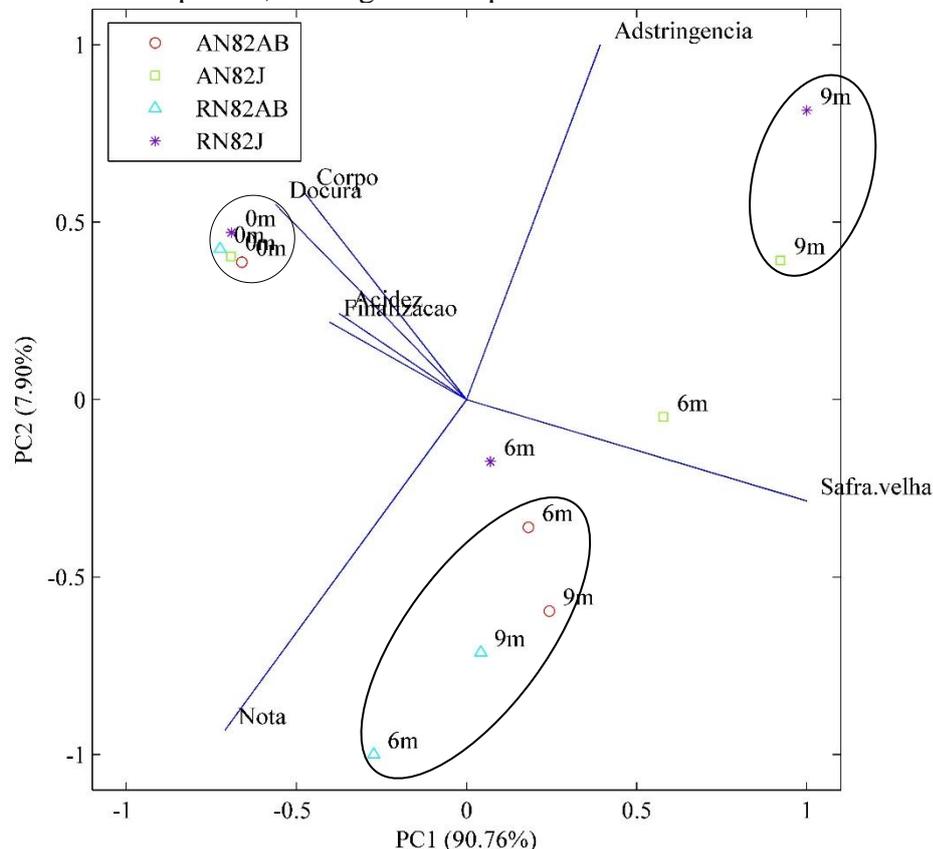


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

A Figura 46 mostra a análise de componentes principais para os tratamentos N82, em que é possível observar um agrupamento das amostras do tempo 0 aos atributos de qualidade da bebida café. Outro agrupamento é percebido entre os tratamentos com embalagem de alta barreira, aos 6 e 9 meses de armazenamento, com o vetor da nota final da bebida. Um terceiro agrupamento é observado com os tratamentos em embalagens de juta após 9 meses de armazenamento, localizados entre os descritores adstringência e safra velha.

Figura 46 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via seca, avaliados em 82 pontos, ao longo do tempo.

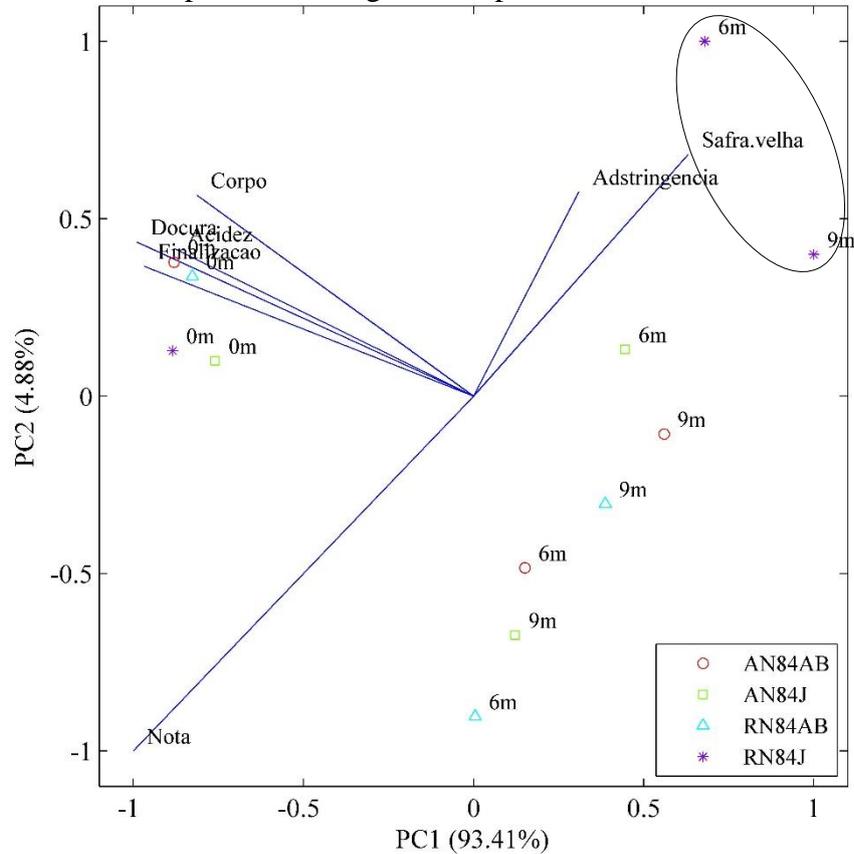


Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.

Fonte: Do autor (2023).

Na Figura 47, está apresentada a Análise de Componentes Principais (PCA) da intensidade dos atributos e nota sensorial dos cafés via seca, avaliados com 84 pontos (N84).

Figura 47 - Análise de Componentes Principais (PCA) da análise sensorial dos diferentes tratamentos (embalagem e temperatura de armazenamento) dos grãos torrados processados por via seca, avaliados em 84 pontos, ao longo do tempo.



Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta.  
Fonte: Do autor (2023).

Destaca-se apenas um agrupamento nesta análise de PCA, os cafés armazenados em ambiente refrigerado na embalagem de juta apresentaram maior intensidade de safra passada e adstringência aos 6 e 9 meses de armazenamento que os demais tratamentos estudados. Para as demais condições de armazenamento, não foi encontrada uma tendência de comportamento.

Na Tabela 25, são apresentados os valores médios obtidos para as intensidades dos atributos e nota para todos os tratamentos estudados.

Tabela 25 – Resultados ANAVA de nota e atributos da escala de intensidade.

(continua)

Tratamento	Tempo (meses)	Nota	Doçura	Acidez	Corpo	Adstringência	Safra velha	Finalização
ACD82AB	0	81,83 <sup>a</sup>	7,06 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>
	6	80,19 <sup>a</sup>	4,94 <sup>b</sup>	4,62 <sup>b</sup>	5,33 <sup>b</sup>	1,72 <sup>a</sup>	3,00 <sup>b</sup>	4,72 <sup>b</sup>
	9	80,43 <sup>a</sup>	4,81 <sup>b</sup>	4,60 <sup>b</sup>	4,88 <sup>b</sup>	1,43 <sup>a</sup>	2,14 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>
ACD82J	0	81,83 <sup>a</sup>	7,06 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>
	6	80,38 <sup>a</sup>	4,89 <sup>b</sup>	4,68 <sup>b</sup>	5,13 <sup>b</sup>	1,62 <sup>a</sup>	2,98 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>
	9	80,40 <sup>a</sup>	4,93 <sup>b</sup>	4,86 <sup>b</sup>	4,93 <sup>b</sup>	1,43 <sup>a</sup>	2,40 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>
RCD82AB	0	81,83 <sup>a</sup>	7,06 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>
	6	81,93 <sup>a</sup>	5,47 <sup>b</sup>	5,07 <sup>b</sup>	5,50 <sup>a</sup>	1,19 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	5,15 <sup>b</sup>
	9	81,74 <sup>a</sup>	5,38 <sup>b</sup>	5,12 <sup>b</sup>	5,48 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	1,24 <sup>a</sup>	5,07 <sup>b</sup>
RCD82J	0	81,83 <sup>a</sup>	7,06 <sup>a</sup>	6,27 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,37 <sup>a</sup>
	6	81,62 <sup>a</sup>	5,27 <sup>b</sup>	4,93 <sup>b</sup>	5,48 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>a</sup>	2,07 <sup>b</sup>	5,05 <sup>b</sup>
	9	80,14 <sup>a</sup>	4,95 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>	5,02 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>	3,07 <sup>b</sup>	4,55 <sup>b</sup>
AN82AB	0	81,33 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>
	6	80,26 <sup>a</sup>	4,98 <sup>b</sup>	4,67 <sup>ab</sup>	5,05 <sup>b</sup>	1,89 <sup>a</sup>	2,74 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>
	9	80,29 <sup>a</sup>	4,74 <sup>b</sup>	4,40 <sup>b</sup>	4,76 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>	2,64 <sup>b</sup>	4,33 <sup>b</sup>
AN82J	0	81,33 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>
	6	79,26 <sup>b</sup>	4,57 <sup>b</sup>	4,36 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>	2,50 <sup>ab</sup>	3,60 <sup>b</sup>	4,14 <sup>b</sup>
	9	78,24 <sup>b</sup>	4,02 <sup>b</sup>	4,10 <sup>b</sup>	4,36 <sup>b</sup>	3,21 <sup>b</sup>	4,10 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>
RN82AB	0	81,33 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	6,52 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>
	6	81,69 <sup>a</sup>	5,12 <sup>b</sup>	5,03 <sup>ab</sup>	5,35 <sup>b</sup>	1,07 <sup>a</sup>	0,52 <sup>a</sup>	4,95 <sup>ab</sup>
	9	80,43 <sup>a</sup>	4,95 <sup>b</sup>	4,62 <sup>b</sup>	5,02 <sup>b</sup>	1,12 <sup>a</sup>	2,12 <sup>b</sup>	4,62 <sup>b</sup>
RN82J	0	81,33 <sup>a</sup>	6,45 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	6,59 <sup>a</sup>	1,56 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,63 <sup>a</sup>
	6	80,40 <sup>b</sup>	5,10 <sup>b</sup>	4,79 <sup>ab</sup>	5,48 <sup>b</sup>	1,88 <sup>a</sup>	2,55 <sup>b</sup>	5,00 <sup>b</sup>
	9	77,90 <sup>b</sup>	4,21 <sup>c</sup>	3,95 <sup>b</sup>	4,57 <sup>c</sup>	3,69 <sup>b</sup>	4,40 <sup>c</sup>	4,05 <sup>b</sup>
AN84AB	0	83,88 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,31 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>
	6	82,69 <sup>ab</sup>	5,95 <sup>b</sup>	5,71 <sup>b</sup>	5,74 <sup>b</sup>	0,48 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>	5,81 <sup>b</sup>
	9	81,71 <sup>b</sup>	5,60 <sup>b</sup>	5,29 <sup>b</sup>	5,24 <sup>b</sup>	0,71 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	5,21 <sup>b</sup>

Tabela 25 – Resultados ANAVA de nota e atributos da escala de intensidade.

(conclusão)

Tratamento	Tempo (meses)	Nota	Doçura	Acidez	Corpo	Adstringência	Safra velha	Finalização
AN84J	0	83,88 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,31 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>
	6	81,98 <sup>b</sup>	5,71 <sup>b</sup>	5,45 <sup>b</sup>	5,64 <sup>b</sup>	0,76 <sup>a</sup>	1,71 <sup>ab</sup>	5,43 <sup>b</sup>
	9	81,69 <sup>b</sup>	5,81 <sup>b</sup>	5,83 <sup>b</sup>	5,79 <sup>b</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,64 <sup>b</sup>	5,81 <sup>b</sup>
RN84AB	0	83,88 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,31 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>
	6	83,38 <sup>a</sup>	5,95 <sup>b</sup>	5,60 <sup>b</sup>	6,05 <sup>b</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,60 <sup>a</sup>	5,88 <sup>b</sup>
	9	82,00 <sup>a</sup>	5,81 <sup>b</sup>	5,48 <sup>b</sup>	5,43 <sup>b</sup>	0,38 <sup>a</sup>	1,07 <sup>a</sup>	5,40 <sup>b</sup>
RN84J	0	83,88 <sup>a</sup>	7,81 <sup>a</sup>	7,20 <sup>a</sup>	7,31 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	7,41 <sup>a</sup>
	6	81,02 <sup>b</sup>	5,36 <sup>b</sup>	5,26 <sup>b</sup>	5,76 <sup>b</sup>	1,36 <sup>a</sup>	2,05 <sup>b</sup>	5,26 <sup>b</sup>
	9	80,67 <sup>b</sup>	4,95 <sup>b</sup>	4,71 <sup>b</sup>	4,90 <sup>c</sup>	1,31 <sup>a</sup>	1,86 <sup>b</sup>	4,69 <sup>b</sup>

Em que: A = armazenamento em condição ambiente; R = armazenamento refrigerado; N = processamento via seca; CD = processamento via úmida; 82 = 82 pontos de qualidade de bebida; 84 = 84 pontos de qualidade de bebida; AB = embalagem impermeável de alta barreira; J = embalagem permeável de juta. \* Médias do tratamento seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott, a 5%.

Fonte: Do autor (2023).

Podemos considerar que os tratamentos CD82 mostraram maior estabilidade durante os 9 meses de armazenamento, quando a redução da nota e de alguns atributos da escala de intensidade não apresentaram diferença significativa. Os tratamentos acondicionados em embalagem de juta em ambos os ambientes tiveram as menores notas e os maiores valores de safra velha, indicando envelhecimento acentuado e presença marcante de características sensoriais de papel, papelão e sacaria.

Todos os tratamentos apresentaram decréscimo em sua nota no decorrer do tempo, no entanto os tratamentos de CD82, N82 e N84 acondicionados em embalagem de alta barreira e armazenadas refrigeradas essa diferença não é significativa, o mesmo nota-se para intensidade de safra velha e adstringência. Esses resultados reforçam a hipótese de que é possível manter a qualidade do café durante longos períodos de armazenamento.

## 5 CONCLUSÃO

O armazenamento dos grãos em condição refrigerada e em embalagens de alta barreira é eficiente no retardamento da perda de qualidade dos cafés ao longo dos nove meses do experimento. Ocorre menor variação no teor de água e na coloração dos grãos armazenados refrigerados e em embalagem de alta barreira.

Menores variações nas concentrações de ácidos orgânicos, ácidos graxos e ácidos clorogênicos também são observadas nos cafés embalados em embalagens de alta barreira ou armazenadas em ambiente refrigerado.

De acordo com os resultados da análise sensorial, os cafés RAB não apresentam notas de defeitos na maioria dos tratamentos após 6 ou 9 meses de armazenamento. Os resultados são promissores e refletem melhores condições de armazenamento dos grãos nas embalagens de alta barreira ou condições de baixa temperatura, ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. F. de. **Aspectos sensoriais, fisiológicos e bioquímicos de grãos de café armazenados em ambiente refrigerado**. 2015. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- ABREU, G. F. de. **Indicadores químicos do envelhecimento de café arábica durante o armazenamento**. 2018. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- ABREU, G. F. de *et al.* Alterações na coloração de grãos de café em função das operações pós-colheita. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 429-436, 2015. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8145>. Acesso em: 15 maio 2022.
- ABREU, G. F. de *et al.* Antioxidant enzymes preserving coffee quality in refrigerate environment. **Biocientia Vegetal**, Santa Clara, v. 18, n. 3, p. 151-159, 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1108915>. Acesso em: 15 maio 2022.
- ABREU, G. F. de *et al.* Simultaneous optimization of coffee quality variables during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 1, p. 56-60, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p56-60>.
- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, nov./dez. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600010>.
- AFONSO JÚNIOR, P. C. *et al.* Contribuição das etapas do pré-processamento para a qualidade do café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 29, n. 8, p. 46-53, 2004.
- ALVES, G. E. **Cinética de secagem e qualidade do café para diferentes temperaturas e fluxos de ar**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- ANDRADE, F. T. **Qualidade do café natural especial acondicionado em embalagens impermeáveis e armazenado no Brasil e no exterior**. 2017. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- BORÉM, F. M. Armazenamento do café. *In*: ISQUIERDO, E. P.; FERNANDES, S. M.; FERNANDES, M. (ed.). **Pós colheita do café**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. p. 351-388.
- BORÉM, F. M. *et al.* Evaluation of the sensory and color quality of coffee beans stored in hermetic packaging. **Journal of Stored Products Research**, Elmsford, v. 52, p. 1-6, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.08.004>.
- BORÉM, F. M. *et al.* Quality of specialty natural coffee stored in different packages in Brazil and abroad. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 455-466, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.25186/cs.v14i4.1614>.

BORÉM, F. M. *et al.* Volatile compounds indicating latent damage to sensory attributes in coffeestored in permeable and hermetic packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdam, v. 29, p. 100705, Sept. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100705>.

BYTOF, G. *et al.* Transient occurrence of seed germination processes during coffee post-harvest treatment. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 61-66, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093%2Faob%2Fmcm068>.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.

CHRISTIE, W. W. **Gas chromatography and lipids: a practical guide**. Ayr: The Oily, 1989. 184 p.

CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal 2021: relatório mensal fevereiro**. 2021. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/CECAFE\\_Relatorio\\_Mensal\\_FEVEREIRO\\_2022.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_FEVEREIRO_2022.pdf). Acesso em: 15 maio 2022.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; PINTO, F. A. C. Efeito da temperatura de secagem na cor dos grãos de café processados por “via seca” e “via úmida”. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 5, p. 22-27, 2002. Volume especial.

CORRÊA, P. C. *et al.* Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante o armazenamento em condições diversas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 7, p. 137-147, 2003.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 118, n. 3, p. 851-855, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.042>.

FIGUEIREDO, L. P. *et al.* The potential for high quality bourbon coffees from different environments. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 5, n. 10, p. 87-98, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v5n10p87>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee: determination of loss mass at 105°C: ISO 6673:2003**. Geneva: ISO, 2003. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/38375.html>. Acesso em: 15 maio 2022.

JHAM, G. N. *et al.* Comparison of GC and HPLC for the quantification of organic acids in coffee. **Phytochemical Analysis**, Sussex, v. 13, n. 2, p. 99-104, 2002.

KNOPP, S.; BYTOF, G.; SELMAR, D. Influence of processing on the content of sugars in green Arabica coffee beans. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 223, n. 2, p. 195-201, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-005-0172-1>.

MALTA, M. R. *et al.* Alterações na qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento e secagem. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 5, p. 431-440, 2013. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i5.450>.

NOBRE, G. W. *et al.* Alterações químicas do café cereja descascado durante o armazenamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2007. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v2i1i5.450>.

PAZMIÑO-ARTEAGA, J. *et al.* Loss of sensory cup quality: physiological and chemical changes during green coffee storage. **Plant Foods for Human Nutrition**, Berlin, v. 77, n. 1, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-022-00953-8>.

RAMOS, M. F. *et al.* Discrimination of the sensory quality of the *Coffea arabica* L. (cv. Yellow Bourbon) produced in different altitudes using decision trees obtained by the CHAID method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 96, n. 10, p. 3543-3551, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7539>.

REINATO, C. H. R. *et al.* Influence of coffee berries drying in different types of terraces, during different storage periods, on coffee quality. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 48-60, 2007. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/38>. Acesso em: 15 maio 2022.

RENDÓN, M. Y.; SALVA, T. de J. G.; BRAGAGNOLO, N. Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 147, p. 279-286, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.123>.

RHINEHART, R. **What is specialty coffee?** Sacramento: SCAA, 2009.

RIBEIRO, D. E. *et al.* Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 11, n. 27, p. 2412-2422, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.10832>.

RIBEIRO, F. C. *et al.* Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 47, n. 4, p. 341-348, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.05.007>.

ROSA, S. D. V. F. da *et al.* Aspectos fisiológicos de grãos de café armazenados em ambiente resfriado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/3686>. Acesso em: 15 maio 2022.

SAATH, R. *et al.* Activity of some isoenzymatic systems in stored coffee grains. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 15-24, jan./fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000100002>.

SAATH, R. *et al.* Alterações na composição química e sensorial de café (*Coffea arabica* L.) nos processos pós-colheita. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 96, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2012v27n2p96-112>.

SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição, físico química e química do café (*Coffea*

*arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 213-218, jan./fev. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000100030>.

SELMAR, D.; BYTOF, G.; KNOPP, S. E. The storage of green coffee (*Coffea arabica* L.): decrease of viability and changes of potential aroma precursors. **Annals of Botany**, Oxford, v. 101, n. 1, p. 31-38, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcm277>.

SELMAR, D. *et al.* Germination of coffee seeds and its significance for coffee quality. **Plant Biology**, Hoboken, v. 8, n. 2, p. 260-264, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-923845>.

TAVEIRA, J. H. da S. *et al.* Perfis proteicos e desempenho fisiológico de sementes de café submetidas a diferentes métodos de processamento e secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 10, p. 1511-1517, out. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000014>.

TAVEIRA, J. H. da S. *et al.* Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: a metabolomics approach. **Food Research International**, Amsterdam, v. 61, p. 75-82, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.048>.

TOCI, A. T. *et al.* Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. **Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 2, p. 581-590, 2013.

TOLESSA, K. *et al.* Influence of growing altitude, shade and harvest period on quality and biochemical composition of Ethiopian specialty coffee. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 97, n. 9, p. 2849-2857, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8114>.

VALLARINO, J. G.; OSORIO, S. Organic acids. *In*: YAHIA, E. M.; CARILLO-LÓPEZ, A. **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Cambridge: Elsevier, 2019. p. 207-224.

VARGAS, L. M. B. *et al.* Impact of storage conditions on fungal community composition of green coffee beans *Coffea arabica* L. stored in jute sacks during one year. **Journal of Applied Microbiology**, Hoboken, v. 124, n. 2, p. 547-558, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13656>.

VITORINO, M. D. *et al.* Metodologia de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 17-24, 2001.

YERETZIAN, C.; BLANK, I.; WISER, Y. Protecting the flavors freshness as a key to quality. *In*: FOLMER, B. (ed.). **The craft and science of coffee**. London: Academic, 2017. p. 329-350.

ZAREBSKA, M. *et al.* Comparison of chemical compounds and their influence on the taste of coffee depending on green beans storage conditions. **Scientific Reports**, London, v. 12, n. 1, p. 2074, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-022-06676-9>.