

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Nutrição**  
**Programa de Pós-graduação em Nutrição e Alimentos**



**Dissertação**

**Estabilidade térmica do óleo de abacate: Um estudo comparativo ao óleo  
de arroz e azeite de oliva**

**Fernanda Machado da Costa**

Pelotas, 2019.

FERNANDA MACHADO DA COSTA

**Estabilidade térmica do óleo de abacate: Um estudo  
comparativo ao óleo de arroz e azeite de oliva**

Dissertação de mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Nutrição  
e Alimentos da Faculdade de Nutrição da  
Universidade Federal de Pelotas, sob a  
orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla R. B.  
Mendonça, como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Nutrição  
e Alimentos.

Orientadora: Prof. <sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Rosane Barboza Mendonça

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Caroline Dellinghausen Borges

Pelotas, Julho 2019.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C837e Costa, Fernanda Machado da

Estabilidade térmica do óleo de abacate : um estudo comparativo ao óleo de arroz e azeite de oliva / Fernanda Machado da Costa ; Carla Rosane Barboza Mendonça, orientadora ; Caroline Dellinghausen Borges, coorientadora. — Pelotas, 2019.

104 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Lipídeos. 2. Coeficiente de extinção. 3. Índice de qualidade. 4. Aquecimento. 5. Pigmentos. I. Mendonça, Carla Rosane Barboza, orient. II. Borges, Caroline Dellinghausen, coorient. III. Título.

CDD : 641.1

Elaborada por Maria Inez Figueiredo Figas Machado CRB: 10/1612

**Fernanda Machado da Costa**

**ESTABILIDADE TÉRMICA DO ÓLEO DE ABACATE: UM ESTUDO  
COMPARATIVO AO ÓLEO DE ARROZ E AZEITE DE OLIVA**

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Nutrição e Alimentos, Programa de Pós-graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 08/07/2019

Banca Examinadora:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Rosane Barboza Mendonça

Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Caroline Dellinghausen Borges

Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Andréa Miranda Teixeira

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosana Colussi

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tatiana Valesca Rodriguez Alicieo

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

## **Agradecimentos**

Agradeço à Deus.

Ao meu filho Mateus, pela paciência e carinho.

Aos meus pais José e Vanilda, que torcem pelo meu sucesso profissional.

Ao meu irmão Rafael pelos conselhos, conversas e incentivo.

Aos meus familiares que desejaram a minha conquista.

À minha orientadora Carla Rosane Mendonza Barbosa, pela orientação, atenção, paciência e pelo crescimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora Caroline Borges pelo ensinamento e auxílio.

A Laura Costa pelo auxílio das análises no laboratório

As minhas colegas Letícia e Pérsia que de alguma forma contribuíram para realização desta obra.

Ao Sr. José Carlos pela doação das amostras utilizadas para realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Pelotas, que com sua estrutura e corpo discente e docente me proporcionaram a oportunidade de crescimento e desenvolvimento intelectual e pessoal.

A todos os envolvidos que colaboraram positivamente com minha conclusão de curso, muito obrigado!

## **Resumo**

MACHADO DA COSTA, Fernanda. **Estabilidade térmica do óleo de abacate: Um estudo comparativo ao óleo de arroz e azeite de oliva.** 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) - Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2019.

O abacate por conter em sua polpa de 5 a 35% de lipídeos, torna-se uma matéria-prima de interesse para obtenção de óleo. O óleo de abacate assemelha-se ao azeite de oliva, com similaridades no processo de obtenção, bem como em suas propriedades físico-químicas e composição, predominando em ambos, como majoritário, o ácido oleico. Sabe-se que o aquecimento do óleo, em altas temperaturas, durante o preparo de alimentos, pode alterar sua composição, degradando ácidos graxos e compostos minoritários. Conhecer os efeitos do aquecimento sobre a composição dos óleos é fundamental para definir adequadamente sua aplicação, permitindo adotar melhores estratégias de conservação de sua estrutura, das características sensoriais e tecnológicas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a estabilidade térmica do óleo de abacate comparativamente ao azeite de oliva e óleo de arroz submetidos à temperatura de 180 °C em tempos diferentes e sob dois tipos de processos de aquecimento. O óleo de abacate da variedade Breda foi doado por um produtor de Minas Gerais (São Sebastião do Paraíso/MG), e o óleo de arroz e azeite de oliva adquiridos no comércio local. Os óleos foram submetidos ao aquecimento de 180 °C, nos tempos de 1:30, 3:00, 4:30 e 6:00 em bloco digestor e 3, 6, 9 e 12 minutos em micro-ondas. Avaliaram-se a acidez; os índices de peróxidos, lodo, refração e p-anisidina; a condutividade elétrica, o coeficiente de extinção específica, os compostos fenólicos, as clorofilas, os carotenoides, a atividade antioxidante e a cor das amostras. Verificou-se que ocorreram alterações dos parâmetros avaliados dos óleos em função dos diferentes tempos de aquecimento, bem como em relação ao tipo de aquecimento aplicado. No geral o azeite de oliva foi o produto que mostrou-se mais estável, seguido do óleo de abacate. Observou-se que os óleos submetidos ao aquecimento em micro-ondas apresentaram maiores alterações, em relação àqueles submetidos ao aquecimento em bloco digestor, na mesma temperatura. A acidez foi o parâmetro que mostrou maior limitação para o óleo de abacate em relação ao aquecimento, contudo, ajustes no processo de extração deste óleo podem auxiliar na obtenção de menores teores de acidez, que possibilitem maior estabilidade ao produto quando aquecido.

**Palavras-chave:** Lipídeos; Índices de qualidade; Pigmentos; Coeficiente de extinção específica; Cor; Aquecimento.

## **Abstract**

MACHADO DA COSTA, Fernanda. **Evaluation of the thermal stability of avocado oil: a comparative study with rice oil and olive oil.** 2019. 103f. Dissertation (Master in Nutrition and Food) - Faculty of Nutrition, Federal University of Pelotas, Pelotas. 2019.

The avocado, because it contains 5 to 35% of lipids in its pulp, becomes a raw material of interest for obtaining oil. Avocado oil resembles olive oil, with similarities in the process of production, as well as in its physicochemical properties and composition, predominating in both, as the majority, oleic acid. It is known that heating the oil at high temperatures during food preparation can alter its composition, degrading fatty acids and minority compounds. Knowing the effects of heating on the composition of oils is fundamental to properly define its application, allowing to adopt better conservation strategies of its structure, sensorial and technological characteristics. The objective of this work was to evaluate the thermal stability of avocado oil compared to olive oil and rice oil submitted to a temperature of 180 °C at different times and under two types of heating processes. The avocado oil of the Breda variety was donated by a producer from Minas Gerais (São Sebastião do Paraíso / MG), and rice oil and olive oil purchased locally. The oils were submitted to the heating of 180 °C, in the times of 1:30, 3:00, 4:30 and 6:00 in a digester block and 3, 6, 9 and 12 minutes in microwaves. The acidity was evaluated; the indexes of peroxides, iodine, refraction and p-anisidine; the electrical conductivity, the specific extinction coefficient, the phenolic compounds, the chlorophylls, the carotenoids, the antioxidant activity and the color of the samples. It was verified that alterations of the evaluated parameters of the oils occurred due to the different heating times, as well as in relation to the type of heating applied. In general the olive oil was the product that proved to be more stable, followed by the oil of avocado. It was observed that the oils submitted to microwave heating presented greater changes, in relation to those submitted to heating in a digester block, at the same temperature. The acidity was the parameter that showed greater limitation for the oil of avocado in relation to the heating, however, adjustments in the process of extraction of this oil can help to obtain lower acidity levels, which allow greater stability to the product when heated.

**Keywords:** Lipids; Quality indices; Pigments; Specific extinction coefficient; Color; Heating.

## **Lista de Figuras**

Figura 1 – Produção brasileira de abacate por estado (%).....	16
Figura 2 - Ilustração das principais cultivares brasileiros de abacate.....	17
Figura 3 – Estrutura básica dos fitoesterois.....	19
Figura 4 – Estrutura química do colesterol.....	19
Figura 5 – Estrutura do grão de arroz.....	22
Figura 6 – Refratômetro.....	29
Figura 7 – Condutivímetro.....	30
Figura 8 – Colorímetro.....	31
Figura 9 – Espectrofotômetro.....	33
Figura 10 – Acidez dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	37
Figura 11 - Peróxidos dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	39
Figura 12 - Iodo dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	41
Figura 13 – P-anisidina dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	42
Figura 14 - Refração dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	44
Figura 15 – Extinção específica K232 dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	46
Figura 16 – Extinção específica K270 dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	47
Figura 17 - Clorofilas dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	50
Figura 18 - Carotenóides dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	51
Figura 19 - Capacidade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	53

Figura 20 – Compostos fenólicos dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	57
Figura 21 - Cor amarela dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	57
Figura 22 - Cor vermelha dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.....	60
Figura 23 - Acidez dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	61
Figura 24 - Peróxidos dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	63
Figura 25 - Iodo dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	65
Figura 26 – P-anisidina dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	66
Figura 27 - Refração dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	68
Figura 28 – Extinção específica K232 dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	70
Figura 29 – Extinção específica K270 dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	71
Figura 30 - Clorofilas dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	73
Figura 31 - Carotenóides dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	74
Figura 32 – Capacidade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	76
Figura 33 – Compostos fenólicos dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.....	78
Figura 34 - Cor amarela dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas .....	80
Figura 35 - Cor vermelha dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas .....	81

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Delineamento experimental para avaliação térmica do óleo de abacate, arroz e azeite de oliva .....	27
Tabela 2 - Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os parâmetros de qualidade dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva.....	35
Tabela 3 – Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva	
Tabela 4 - Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os parâmetros de cor dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva.....	48
Tabela 5 – Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os parâmetros de qualidade dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva.....	59
Tabela 6 – Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva	
73	
Tabela 7 - Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os parâmetros de cor dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva.....	79

## **Sumário**

1 Introdução .....	13
2 Objetivos .....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3 Revisão Bibliográfica .....	16
3.1 Abacate.....	16
3.2 Óleo de abacate .....	19
3.3 Azeite de oliva .....	21
3.4 Óleo de arroz .....	23
3.5 Estabilidade térmica .....	24
4. Materiais e Métodos .....	27
4.1 Materiais .....	27
4.2 Métodos .....	27
4.3 Análises.....	29
4.3.1 Teor de acidez .....	29
4.3.2 Índice de peróxidos .....	29
4.3.3 Índice de iodo .....	30
4.3.4 Índice de refração.....	30
4.3.5 Índice de p-anisidina .....	31
4.3.6 Condutividade .....	31
4.3.7 Cor .....	32
4.3.8 Coeficiente de extinção específica $K_{232}$ e $K_{270}$ .....	32

4.3.9 Compostos fenólicos .....	33
4.3.10 Clorofila .....	33
4.3.11 Carotenoides .....	34
4.3.12 Atividade antioxidante – ABTS .....	34
4.4 Análise estatística.....	35
<b>5 Resultados e Discussões .....</b>	<b>36</b>
5.1.1Acidez .....	37
5.1.2 Índice de peróxido .....	40
5.1.3 Índice de iodo .....	42
5.1.4 Índice de p-anisidina .....	44
5.1.5 Índice de refração.....	45
5.1.6 Condutividade elétrica.....	47
5.1.7 Coeficiente de extinção específica ( $K_{232}$ e $K_{270}$ ) .....	48
5.1.8 Pigmentos: Carotenoides e Clorofilas .....	51
5.1.9 Capacidade antioxidante - ABTS .....	53
5.1.10 Compostos fenólicos .....	55
5.1.11 Análises de cor.....	58
5.2 Dados das análises das amostras após aquecimento em micro-ondas .	61
5.2.1 Acidez .....	62
5.2.2 Índice de peróxido .....	64
5.2.3 Índice de iodo .....	66
5.2.4 Índice de p-anisidina .....	68
5.3.5 Índice de refração.....	69
5.2.6 Condutividade elétrica.....	70
5.2.7 Coeficiente de Extinção Específica $K_{232}$ e $K_{270}$ .....	71
 5.1.8 – Pigmentos: Clorofilas e Carotenoides .....	73

5.1.9 Capacidade antioxidante - ABTS .....	76
5.1.10 Compostos fenólicos .....	77
5.1.11 Análises de cor.....	79
6 Comparação entre os tipos de aquecimento: bloco digestor x micro-ondas	83
6.1 Acidez .....	83
6.2 Índice de Peróxido .....	83
6.3 Índice de Iodo .....	83
6.4 Índice de p-anisidina .....	84
6.5 Índice de refração e Condutividade .....	84
6.6 Extinção específica $K_{232}$ e $K_{270}$ .....	84
6.7 Clorofilas.....	84
6.8 Carotenoides .....	85
6.9 Capacidade antioxidante - ABTS.....	85
6.10 Compostos fenólicos.....	85
7 Conclusões.....	87
Referências.....	89

## 1 Introdução

O Brasil ocupa a oitava posição entre os maiores produtores mundiais de abacate (FAO, 2016), com uma produção de mais de 180 mil toneladas no ano de 2015 (SEAPAMG, 2017). Em meio às variedades mais consumidas, está à Breda, a qual se destaca pelo sabor mais doce, atendendo as características do hábito alimentar do consumidor brasileiro (HOLBACH, 2012; KRUMREICH et al., 2018).

O abacate se destaca em relação às demais frutas, por ser uma das mais completas em relação a sua qualidade nutricional, com teor de proteína na polpa, variando de 1 a 2%, de açúcares de 3 a 8% e de óleo de 5 a 35%, o qual apresenta elevado teor de ácido oleico (ômega-9). Além disso, contém também diversos sais minerais e vitaminas, principalmente C e E ( $\alpha$ -tocoferol e  $\gamma$ -tocoferol) (DUARTE et al., 2016).

No Brasil, o consumo do abacate se dá, principalmente, de forma *in natura*, contudo, industrialmente, entre os principais produtos, está o óleo, que contém diversos compostos lipofílicos benéficos para à saúde, como os fitoesterois e outros compostos bioativos, incluindo carotenoides, álcoois alifáticos, álcoois terpênicos, tocoferois e esqualeno (DING, 2007; SANTOS et al., 2014).

O óleo extraído do abacate possui diversas utilidades, tanto para fabricação de cosméticos como para uso em fármacos, e também na indústria de alimentos, seja na elaboração de produtos, como para consumo direto (TANGO et al., 2004; BAE; LEE, 2008). Entretanto, o consumo direto do óleo de abacate na alimentação humana ainda é pouco expressivo, apesar dos diversos benefícios à saúde associados a este produto (OZDEMIR; TOPUZ, 2004).

O óleo de abacate é bastante similar ao azeite de oliva, tanto na forma de obtenção como nas características físico-químicas, sendo em ambos o ácido oleico o majoritário (SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2015).

O aquecimento dos óleos em altas temperaturas e por longos períodos, pode alterar sua composição, degradando ácidos graxos e compostos

minoritários. Conhecer as propriedades térmicas dos óleos é fundamental em um processo tecnológico e para definir adequadamente sua aplicação, permitindo adotar melhores estratégias de conservação de sua estrutura, características sensoriais e tecnológicas (MUIK et al., 2007).

Dados da literatura reportam que o azeite de oliva mostra boa estabilidade ao aquecimento, mesmo em elevadas temperaturas, como as empregadas em processos de fritura, preservando suas características benéficas (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA et al., 2015).

Há estudo reportando similaridade entre o comportamento térmico do azeite de oliva e do óleo de abacate (BERASATEGI et al., 2012), no entanto, sobre este último ainda são escassas as informações na literatura, especialmente em relação ao efeito sobre os índices de qualidade e pigmentos. Tais fatos motivam a investigação sobre o impacto do aquecimento nas características do óleo de abacate. Para fins de comparação, acredita-se que seja interessante avaliar o óleo de arroz e o azeite de oliva, sendo o primeiro uma referência de boa estabilidade e o segundo um produto mais similar.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a estabilidade do óleo de abacate submetido a diferentes formas e tempos de aquecimento, bem como comparar a sua estabilidade ao azeite de oliva e ao óleo de arroz.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Submeter amostras de óleo de abacate da variedade Breda, óleo de arroz e azeite de oliva ao aquecimento em bloco digestor na temperatura de 180 °C, por diferentes tempos (0, 1:30, 3:00, 4:30 e 6:00 h);
- Submeter às amostras lipídicas em questão ao aquecimento em micro-ondas a uma temperatura de 180 °C e potência de 250 W, por diferentes tempos (0, 3, 6, 9 e 12 min.);
- Avaliar os efeitos do aquecimento nos índices de qualidade (peróxidos, acidez, iodo, refração, p-anisidina e coeficiente de extinção específica) e na cor dos óleos, de ambos processos e nos diferentes tempos de exposição;
- Determinar o impacto do aquecimento (forma e tempo) no perfil de compostos bioativos (compostos fenólicos totais, carotenoides, clorofilas) e na atividade antioxidante dos óleos;

### **3 Revisão Bibliográfica**

#### **3.1 Abacate**

O abacate foi conhecido por navegadores no início do descobrimento da América. Entre 1519 e 1526, foi descoberto na Colômbia, e depois no México, entre 1532 e 1550. Seu nome, de origem indígena, mostra que o fruto há muito era utilizado pelos nativos, já que é um fruto originado na América Central, mas que se difundiu por todo o continente Americano, por volta do século XVII (DONADIO, 1995).

O abacate começou a ser cultivado no Brasil pelos portugueses em função das condições de solo e clima favoráveis, tornando-se hábito de consumo pelos brasileiros (ADEMAR, 2008). Esse fruto também foi utilizado pelas civilizações pré-colombianas como alimento e medicamento. Em seguida, foi levado para a Europa como um fruto exótico pelos colonizadores, mas por ser uma planta de clima tropical não se aclimatou às condições ambientais europeias (BERGH, 1995).

O fruto é produzido em quase todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, (TEIXEIRA et al., 1992). Segundo a FAO (2014), 70% da produção mundial de abacate está concentrada nas Américas (sendo o México o principal produtor), 13,93% na África, 12,55% na Ásia, 2,13% na Europa e 1,39% na Oceania.

No Brasil, no ano de 2016, a produção chegou a 195.500 t, ocupando uma área de 10.900 ha, tendo crescimento 25.000 t entre os anos de 2004 e 2016 (SEAPAMG, 2017).

De acordo com Carvalho (2015) o Brasil apresenta potencial para se tornar grande produtor e exportador de abacate. O autor considera que o país possui extensa área e clima variado, entre outros fatores que favorecem a produção do fruto, contudo a produção ainda é muito pequena, os Estados Unidos e a União Europeia representam forte potencial importador devido ao elevado consumo interno, que cresce de forma mais acelerada do que a produção da fruta no país.

Nacionalmente, os estados que apresentam maior produção encontram-se na região Sudeste, com destaque para o estado de São Paulo (Figura 1).

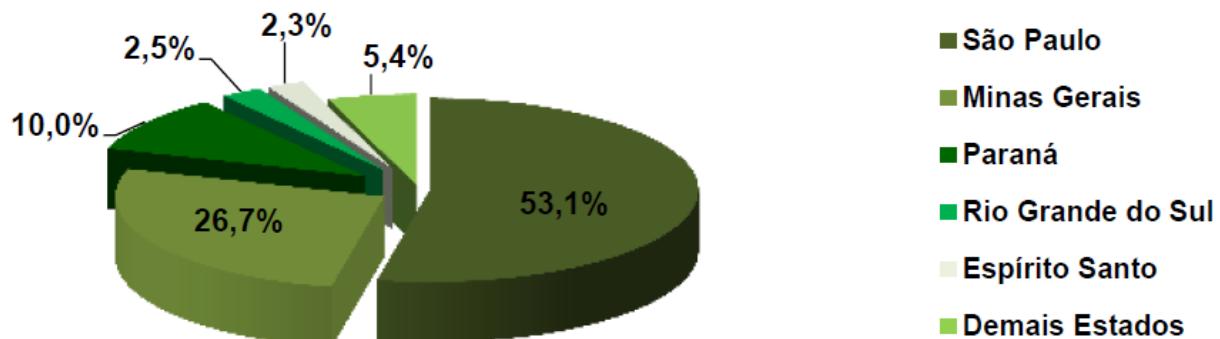


Figura 1 – Produção brasileira por estado (%)

Fonte: SEAPAMG (2017).

Apesar de não se destacar como exportador de abacates observa-se um crescimento no volume exportado pelo Brasil, em 2003 era de apenas 3,5 t e em 2016 foi de 547,4 t (SEAPAMG, 2017). A safra do abacate no Brasil ocorre entre os meses de maio a outubro (VANINI et al., 2010).

O abacate é uma fruta de aplicações variadas e por isso economicamente possui um alto potencial, decorrente do desdobramento industrial de cada um dos seus componentes (SOARES; ITO, 2000). Em muitos países, o abacate é consumido junto com saladas, cebola e queijo, ou com sopa e pimenta do reino, ou em conserva. Porém, no Brasil é mais aceita a fruta madura, consumida com mel, açúcar ou em vitaminas. Da polpa do abacate também são obtidos óleos comerciais; com a semente se produzem tintas para marcação de roupa (VANINI et al., 2010).

O abacateiro pertence à família Lauraceae, gênero *Persea*. Apresenta três raças comerciais: a Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Antilhana (*P. americana* var. *americana*) e Guatamelteca (*P. nubigena* var. *guatemalensis*). Essa classificação é atualmente bem aceita, embora também designada apenas como *Persea americana* Mill. O Cultivo de abacate é em geral, híbrido entre as espécies ou raças mexicanas, antilhana ou guatemalteca (MARANCA, 1986).

O fruto abacate possui como característica uma polpa amanteigada e de cor amarelada, saborosa, muito apreciada pelos brasileiros. Sua casca é de cor verde-oliva, brilhante ou enrugada, seu caroço é escuro e grande, sendo um fruto que apresenta muitas variedades de cores, tipos, formas e tamanhos (Figura 2).

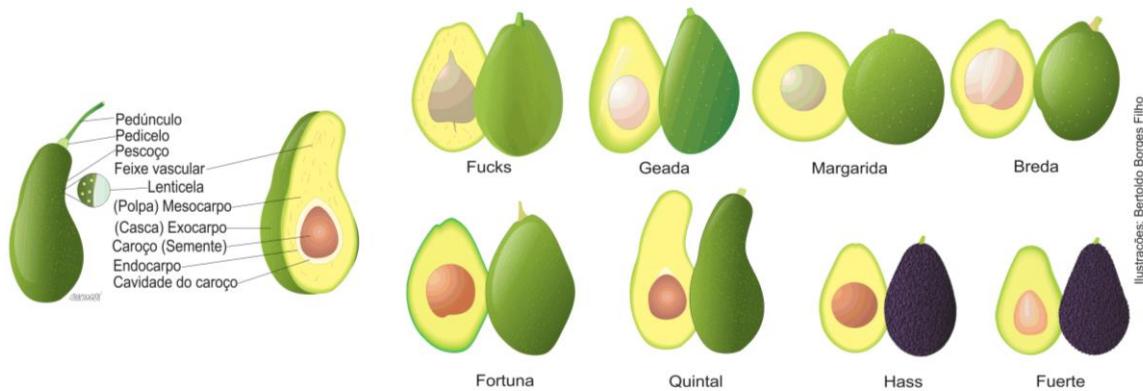


Figura 2 - Ilustração das principais cultivares brasileiras de abacate.

Fonte: Adaptado de HORTIESCOLHA (2017).

Os chamados "abacate-manteiga" são os mais conhecidos e apreciados, pois estes possuem forma de pera e apresentam a casca fina e lustrosa. Os que têm a forma de um ovo e casca rugosa são chamados de Guatemala. Aqueles com formato mais alongado são chamados de Pescoço. Os frutos, de qualquer variedade, devem ser colhidos ainda verdes e devem ser guardados fora da refrigeração, para que possam amadurecer de forma rápida, já que são frutos climatéricos (ADEMAR, 2008).

O consumo de abacates de forma regular na alimentação humana é interessante e recomendável, por serem fonte de diversos nutrientes e de ácido graxos monoinsaturados. Do peso total médio do fruto, cerca de 70% corresponde à polpa, a qual apresenta em média 6,94 g de carboidratos, 17,34 g de lipídios, 2,08 g de proteínas, 2,72 g de fibras por 100 g (TUCUNDUVA, 2002; TREMOCOLDI, 2011). É rico em fibras, esterois, carotenoides e outras substâncias antioxidantes. Possui também diversas vitaminas, como do complexo B principalmente B6, A, C, E, e minerais, como potássio, ferro e magnésio (LOTEMBERG, 2002).

Comparando-se a composição média da polpa do abacate com a de outras frutas, constata-se que o abacate apresenta um extrato seco elevado, rivalizando ao da oliveira em riqueza em óleo. O teor de proteínas, próximo a 2%, permite classificá-lo entre as mais ricas neste componente; o conteúdo de cinzas, um pouco superior a 1%, representa cerca do dobro das frutas de grande consumo, como a uva, maçã e o pêssego (TEIXEIRA, 1992). Outro aspecto que destaca o abacate em relação a outras frutas pela sua qualidade

nutricional, é o teor e qualidade dos lipídeos que contém. Na fração lipídica apresenta grande quantidade de ácido oleico ( $\alpha$ -9), uma gordura insaturada utilizada como coadjuvante no tratamento de hiperlipidemias. Apesar disso, às vezes é discriminado, pelo seu alto valor energético (SOARES; ITO, 2000; SALGADO et al., 2008).

No entanto, a qualidade sensorial, o valor nutritivo e a riqueza em compostos bioativos do abacate justificam plenamente a expansão do seu consumo.

### **3.2 Óleo de abacate**

Hu (2003) observou efeitos benéficos do consumo de gordura monoinsaturada de origem vegetal como óleos de oliva, canola, nozes e abacate, com uma significante redução do risco de desenvolver doenças cardiovasculares.

Sabe-se que a polpa do abacate apresenta variação de 5% a 30% de óleo. O óleo de abacate extraído possui diversas utilidades, tanto na indústria de alimentos como na fabricação de cosméticos. O óleo de abacate deve ser extraído quando os frutos estão maduros, pois é quando apresentam teores mais elevados deste componente (TANGO ; TURATTI, 1992).

O óleo do abacate apresenta alto teor de matéria insaponificável (1-4%) quando comparado com óleos comestíveis comuns (TURATTI; CANTO 1985), sendo os compostos esterólicos os predominantes dentre os insaponificáveis, tendo como constituinte principal, o  $\alpha$ -esterol (cerca de 80%) (SÁNCHEZ et al., 2009). Os fitoesterois (Figura 3) são constituintes bioativos da membrana celular vegetal, são importantes especialmente pela capacidade de diminuir o colesterol plasmático e sua presença na dieta é altamente recomendável (GERBER 2002; CHEIKH, 2008).

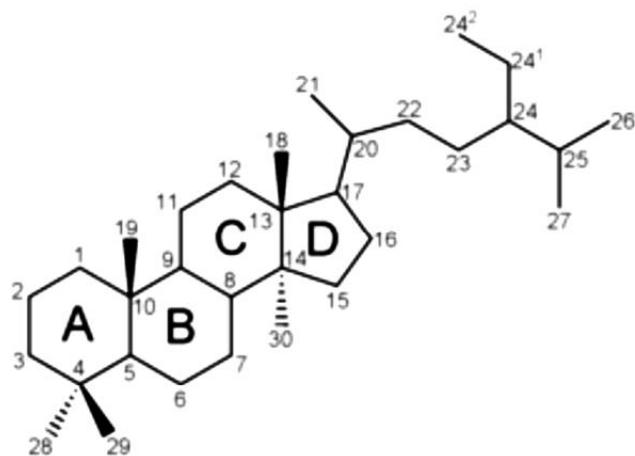


Figura 3 – Estrutura básica dos fitoesterois.

Fonte: Breda, 2010.

No organismo humano, os fitoesterois atuam na diminuição da absorção de colesterol e no aumento de sua excreção fecal. Esta competição ocorre porque a estrutura química dos fitoesterois é semelhante à do colesterol (Figura 4) diferindo no tamanho da cadeia (RODRIGUES et al 2004).

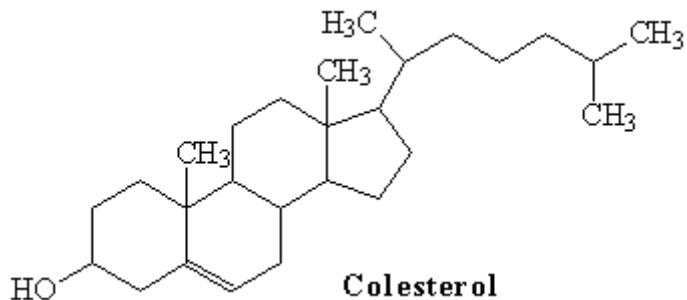


Figura 4 – Estruturas químicas do colesterol.

Fonte: FOGAÇA (2018).

Existem diversos métodos de extração do óleo da polpa, tais como, extração por centrifugação da polpa úmida; extração do óleo por solventes utilizando polpa liofilizada, polpa seca a 40, 60 ou 70 °C, sob ventilação ou vácuo; com prévia fermentação anaeróbica; extração por prensagem hidráulica contínua ou descontínua, com adição de material auxiliar de prensagem; por tratamento de polpa fresca com produtos químicos, por processos enzimáticos ou micro-ondas, ainda, por processos convencionais de extração de óleo para

sementes oleaginosas, com os rendimentos desses processos variando de 56 a 95% de óleo extraído dependendo do tipo de extração aplicada. (SANTOS et al, 2014; KRUMREICH et al., 2018).

O óleo de abacate assemelha-se muito ao óleo de oliva, tanto pela forma de obtenção quanto pela similaridade de propriedades físico-químicas, predominando em ambos o ácido oleico (SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2015).

### **3.3 Azeite de oliva**

No Brasil, o consumo *per capita* de azeite de oliva é baixo, cerca de 200 mililitros por ano. Para efeito de comparação, na Grécia ele passa de 20 L, na Espanha e na Itália é de 12 L e, em Portugal, 7 L ao ano (EMBRAPA, 2015). Uma das possíveis razões para esse baixo consumo refere-se à combinação do preço elevado, decorrente da grande dependência de importação do produto no país, e à ideia de que seu uso deva se restringir à finalização de pratos culinários, ou seja, na forma fria. Ainda existe, de fato, a crença de que, uma vez aquecido, o azeite de oliva perde suas propriedades benéficas à saúde e até mesmo formaria substâncias tóxicas (DUTRA; SOUZA, 2013).

No Brasil, o azeite de oliva é classificado em: azeite de oliva bruto, que é o produto obtido somente dos frutos da oliveira (*Olea europaea* L.), excluídos os óleos obtidos através de solventes ou processos de re-esterificação e/ou qualquer mistura de outros óleos. Virgem é o produto obtido do fruto da oliveira (*Olea europaea* L.), somente por processos mecânicos ou outros meios físicos, em condições térmicas, que não produzam alterações do azeite, e que não tenha sido submetido a outros tratamentos além da lavagem, decantação, centrifugação e filtração. Óleo de bagaço de oliva refinado é o produto obtido pelo tratamento do bagaço de frutos de oliveira (*Olea europaea* L.), com solventes ou outros tipos de tratamento físicos , de acordo com a Resolução nº 270 da Agência Nacional da Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2012). No exterior, existem órgãos governamentais ou não, que regulam a comercialização do azeite de oliva através de padrões de identidade e qualidade, como a Comissão do *Codex Alimentarius* (CODEX ALIMENTARIUS, 1993) e da União Europeia (UNION EUROPEAN, 1995). Os padrões de

identidade e qualidade em geral se baseiam na composição em ácidos graxos e em esterois, além de alguns parâmetros físico-químicos (CARDOSO, 2006).

O azeite é extraído das azeitonas maceradas, sendo classificado de acordo com parâmetros físico-químicos e sensoriais, tais como, acidez, índice de peróxido, absorção de ultravioleta e outros fatores que irão classificar a pureza do produto. Somente após a avaliação desses parâmetros é que se pode classificar o azeite de oliva. Dentro dos parâmetros físico-químicos, a acidez é um dos mais importantes, sendo que abaixo de 0,8% classifica o azeite como “extra virgem”. A Instrução Normativa 1 de 2012 do MAPA, estabelece os níveis máximos de acidez para o azeite de oliva, em % de ácido oleico: ≤ 0,8 para azeite de oliva extra virgem, ≤ 2% para o azeite virgem e ≤ 0,3% para o azeite refinado, se o produto tiver acidez superior a 2% será considerado azeite de oliva lampante (BRASIL, 2012), já o Codex Alimentarius, utiliza a seguinte escala para acidez em %: de ácido oleico virgem < 3,3%, refinado < 0,3%, de extração refinado (< 0,3%) e misturas (< 1,5%) (CODEX ALIMENTARIUS, 2016).

O azeite extra virgem é considerado o melhor azeite devido às características sensoriais, estabilidade oxidativa e composição química. Tem um grau de pureza maior e menor acidez, sem sofrer influência de calor, aditivo ou solvente. Pode ser consumido diretamente cru e contém elementos nutricionais importantes, entre os quais vitaminas e antioxidantes (BACCIORI et al., 2008).

O azeite é composto, sobretudo, por triacilgliceróis (~99%), hidrocarbonetos (principalmente esqualeno), esterois, álcoois alifáticos, tocoferois e pigmentos (como o β-caroteno), bem como vários compostos fenólicos e voláteis. Os compostos voláteis contribuem para as características sensoriais do azeite e são fundamentais para a sua qualidade (BOSKOU et al., 2006). A manutenção do conteúdo desses compostos é desejável para aproveitar os benefícios deste produto. Assim, avaliar a estabilidade dos mesmos frente ao aquecimento é interessante para definir adequadamente sua aplicação.

### 3.4 Óleo de arroz

O grão de arroz é composto por, aproximadamente, 20% de casca, 70% de endosperma e 10% de farelo e germe (Figura 5). Nas camadas do farelo e germe, está concentrada a maior parte dos lipídeos do grão de arroz. Durante o descascamento, obtém-se o farelo (pericarpo e gérmen), que representa de 5,0 a 5,5% do grão inteiro. O farelo contém entre 12-18% de óleo, enquanto que o grão de arroz apenas 0,8% de óleo; por este motivo a extração do óleo é feita a partir do seu farelo (YOKOCHI et al., 1974; LUH et al. 1991).

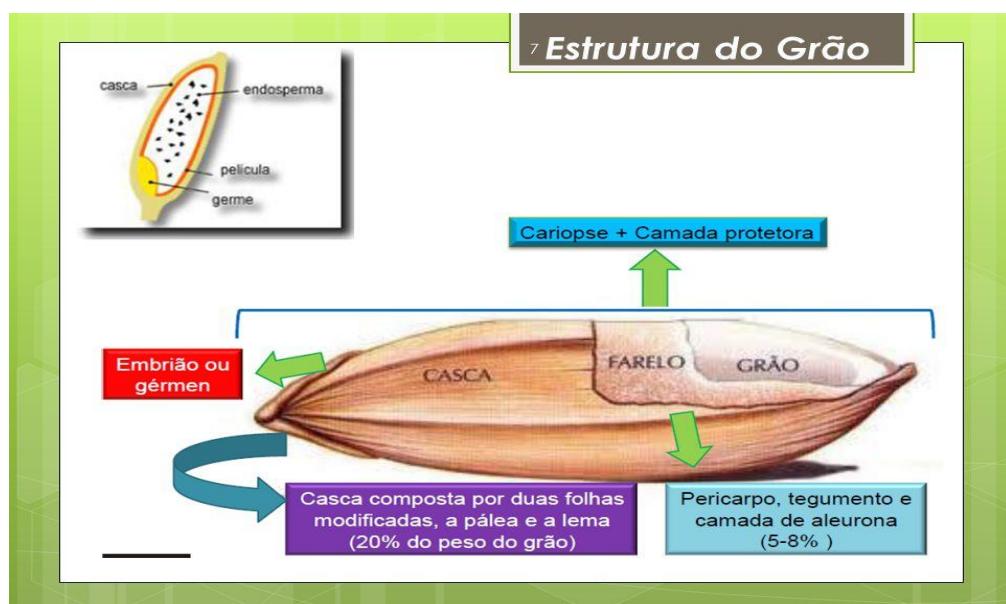


Figura 5 – Estrutura do grão de arroz.

Fonte: ZIMMER (2018).

O óleo do farelo de arroz tem sido considerado importante por suas características químicas, sendo rico em vitaminas e antioxidante. Apresenta elevado teor de tocoferois (vitamina E) que garantem alta estabilidade, retardando a rancidez e o aparecimento de sabores indesejáveis (RODRIGUES, 2004). Entretanto, para que o óleo de arroz seja próprio para o consumo, é necessário que este passe pelas etapas de refino, sendo elas, degomagem, neutralização, branqueamento, winterização e desodorização (CREXI, 2009).

O óleo de arroz apresenta um diferencial em relação aos demais óleos devido à presença de um composto denominado de  $\gamma$ -orizanol, ao qual têm sido atribuídos efeitos antioxidantes e hipocolesterolêmico. O conteúdo de  $\gamma$ -orizanol no óleo de farelo de arroz bruto varia entre 1-2%, mas durante a etapa

de neutralização do refino químico, este composto tem seu teor reduzido, por ficar bastante retido na borra (PAUCHAR-MENACHO et al., 2007).

Entre 90-96% dos lipídeos componentes do óleo de farelo bruto de arroz são materiais saponificáveis (triacilglicerois, diacilglicerois, monoacilglicerois, ácidos graxos livres e ceras) e 3-5% são insaponificáveis (esterois, tocoferois, tocotrienois, álcoois triterpênicos) (ORTHOEFER et al., 2005). Os principais ácidos graxos saturados são os ácidos palmítico (14-17%) e esteárico (2,0-2,5%) e os principais insaturados são os ácidos oléico (40-45%), linoléico (35-37%) e linolênico (1-2%) (ZAMBIAZI, 1997) e, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, é considerado um óleo saudável (HEMAVATHY et al., 1987). O conteúdo de matéria insaponificável varia dependendo do grau e método de processamento, todavia o óleo bruto de farelo de arroz possui um teor ao redor de 4%, considerado alto, já que outros óleos vegetais apresentam um teor médio de 1% de matéria insaponificável (MCCASKILL et al., 1991).

Quando comparado a outros óleos vegetais, o óleo oriundo do farelo de arroz evidencia algumas vantagens, como a de conter importantes micronutrientes; ser mais resistente à oxidação; e apresentar sabor mais neutro. Como desvantagem, menciona-se o maior custo de processo pela maior complexidade de seu refino (RODRIGUES; ONOYAMA; MEIRELLES, 2006).

O óleo de arroz é considerado um ótimo óleo para processos de fritura, pois, apresenta valores elevados para os índices que expressam a estabilidade térmica em contato com o ar (pontos de fumaça, faísca e combustão). O ponto de fumaça do óleo de arroz é cerca de 254 °C, enquanto que o dos óleos de soja, canola, milho e girassol são, respectivamente, de 240 °C, 233 °C, 215 °C e 183°C (BILLEK et al., 1985). O ponto de fumaça do azeite de oliva é de 175-190 °C. ( ARAÚJO et al, 2007).

### **3.5 Estabilidade térmica**

A estabilidade oxidativa é um importante aspecto relacionado à qualidade nutricional e sensorial dos óleos vegetais. A susceptibilidade de determinados óleos à oxidação limita a utilização dos mesmos em alimentos e

cosméticos, gerando prejuízos econômicos (ARAIN, 2009). Apesar da estabilidade oxidativa não ser considerada um parâmetro padrão de qualidade, pode ser usada como indicador do prazo de validade do azeite. Normalmente, é avaliada pelo tempo de indução, ou seja, o período de tempo que decorre até ser atingido o ponto crítico da oxidação, ocorrendo degradação sensorial do produto, devido a aceleração súbita do processo oxidativo. A estabilidade oxidativa é determinada, habitualmente, pelo índice de peróxidos (produtos de oxidação primária), índices de ácido tiobabitúrico ou p-anisidina (produtos de oxidação secundária), coeficiente de extinção específica, ou ainda por métodos instrumentais, que determinam o índice de estabilidade oxidativa, como o método *Rancimat*, que revela a resistência do produto ao início da oxidação (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; MATOS et al., 2007).

A estabilidade do óleo pode ser avaliada pela sua estocagem em condições normais de armazenamento ou em condições aceleradas, nas quais análises periódicas são realizadas para acompanhar as alterações químicas, físicas ou sensoriais. No processo de termoxidação, o óleo é exposto em temperaturas semelhantes às empregadas em processo de fritura, sendo a temperatura e o oxigênio, proveniente do ar, as variáveis a serem consideradas (WAN, 1995).

A termoxidação pode ser avaliada, quanto à formação de compostos oxidativos, devido à formação dos ácidos graxos livres, dienos conjugados, compostos polares, ou por alterações de viscosidade, ponto de fumaça, cor, índice de refração, índice de iodo, índice de peróxidos e vários outros parâmetros (TYAGI et al., 1996).

Os lipídeos ricos em ácidos graxos insaturados são menos estáveis à oxidação do que aqueles que contêm ácidos graxos saturados (CHOEMN, 2007). O azeite de oliva tem sido considerado mais estável do que os outros óleos de origem vegetal em relação à degradação térmica, devido à elevada quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (KOSKI, 2002) e compostos fenólicos.

O ácido oleico (monoinsaturado) confere uma maior resistência à oxidação. Por outro lado, percentagens elevadas de ácidos graxos polinsaturados (linoleico e linolênico) podem contribuir para a diminuição do prazo de validade do azeite, devido à formação de compostos com ligações

duplas conjugadas, a partir dos quais se formam produtos de oxidação voláteis com aroma indesejável característico de ranço. As taxas relativas de oxidação para os ácidos linolênico, linoleico e oleico são, aproximadamente, 20:10:1, respectivamente. A estereoquímica dos ácidos graxos também influencia a velocidade de oxidação, pois os isômeros *cis* oxidam-se mais rapidamente do que os isômeros *trans*, ainda, as ligações duplas conjugadas são mais reativas que as não conjugadas (MATOS, 2003).

Dados da literatura reportam que o azeite de oliva mostra boa estabilidade ao aquecimento, mesmo em elevadas temperaturas, como as empregadas em processos de fritura, preservando suas características benéficas (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA et al., 2015).

Berasategi et al. (2012) avaliaram a estabilidade ao aquecimento de óleo de abacate e azeite de oliva e reportaram algumas similaridades entre ambos. No entanto, ainda são poucos os estudos sobre a estabilidade térmica do óleo de abacate, não se conhecendo até o momento estudos relativos aos efeitos do aquecimento nos índices de qualidade e pigmentos. Tais fatos motivaram esta pesquisa e, para fins comparativos acredita-se que seja interessante avaliar um produto similar ao óleo de abacate, como é o azeite de oliva, e também um óleo reconhecido por sua boa estabilidade ao aquecimento, como é o caso do óleo de arroz, que mostra o mais elevado ponto de fumaça dos óleos vegetais.

Vários estudos, entre os quais o efetuado por Aparício et al. (1999) demonstraram que a resistência à oxidação depende, por ordem decrescente de importância, do teor de compostos fenólicos, do teor e composição em ácidos graxos e dos teores em  $\alpha$ -tocoferol, carotenoides e clorofilas .

Os antioxidantes capturam radicais livres e formam complexos com cátions metálicos que iniciam as reações em que os radicais livres participam. Segundo a cinética das reações de oxidação, estabelecida por Cheftel em 1977, sob certas condições, existe uma relação de proporcionalidade direta entre o tempo de indução e a quantidade de antioxidantes. Deste modo, os antioxidantes retardam a degradação oxidativa dos lípideos, mantendo o valor nutricional e a qualidade do produto por mais tempo (MATOS et al., 2007).

## **4. Materiais e Métodos**

### **4.1 Materiais**

Foram utilizadas amostras de óleos de abacate da variedade Breda doados por um produtor de São Sebastião do Paraíso/MG. O processo de extração dos óleos, executado na agroindústria do produtor, consistiu do despolpamento dos frutos , agitação da polpa em reator e após bombeamento para uma centrífuga horizontal (Tridecanter Gratt – Modelo GTM 230G), que executa a extração por centrifugação em velocidade de cerca de 3500 rpm. O processo de extração foi executado na temperatura de 50 °C. O óleo bruto após a extração foi filtrado, submetido à decantação e armazenado em frascos de vidro âmbar, de 250 mL.

Foram utilizadas, para fins comparativos, amostras de azeite de oliva extra virgem e de óleo de arroz, de qualidade comercial, obtidos no comércio local.

### **4.2 Métodos**

As amostras lipídicas foram submetidas ao aquecimento, em bloco digestor (Marconi, modelo MA 850), em temperatura de 180 °C, pelos tempos de 1:30, 3:00, 4:30 e 6:00 h, bem como em micro-ondas (CEM Discover Microwave System, modelo Discover SP-X), na temperatura de 180 °C e potência de 250 W, pelos tempos de 3, 6, 9 e 12 min, em ambos os casos foi retirada uma amostra controle, sem aquecimento.

As amostras foram armazenadas em frascos âmbar de 10 mL, em ultrafreezer (Cooldlab CL120-86V) até o momento das análises

Empregou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 x 5, consistindo de 3 amostras (óleo de abacate, óleo de arroz e azeite de oliva), 2 tratamentos (aquecimento em bloco digestor

e aquecimento em micro-ondas de laboratório) e 5 períodos de avaliação (tempo de exposição ao aquecimento), conforme demonstrado na Tabela 1.

A estabilidade ao aquecimento foi avaliada por meio das determinações de índice acidez, índice peróxidos, índice iodo, índice refração, índice p-anisidina, cor (colorimetria), coeficiente de extinção específica, compostos fenólicos totais, conteúdo de carotenoídes e clorofilas, e atividade antioxidante por ABTS, conforme descrito a seguir.

**Tabela 1.** Delineamento experimental para avaliação da estabilidade térmica do óleo de abacate

Tratamento	Variáveis independentes		Variáveis dependentes
	Amostra	Tempo	
Horas			
Bloco digestor	Óleo de abacate	1:30	Teor de acidez
	Óleo de arroz	3:00	Índice de peróxidos
	Azeite de oliva	4:30	Índice de iodo
		6:00	Índice de refração
			Índice de p-anisidina
Conduvidade			
Minutos			
Micro-ondas de laboratório	Óleo de abacate	3	Coeficiente de extinção específica
	Óleo de arroz	6	Compostos fenólicos
	Azeite de oliva	9	Clorofila
		12	Carotenoídes
Atividade antioxidante-ABTS			
Cor			

---

2 tratamentos x 3 amostras x 4 períodos de avaliação x 12 variáveis dependentes x 3 repetições = 864 avaliações.

## 4.3 Análises

### 4.3.1 Teor de acidez

Foi pesado em torno de 1,25 g de óleo em Erlenmeyer e adicionando 15 mL de solução de éter etílico:álcool etílico (2:1, v/v), sob agitação. Após titular-se com hidróxido de sódio 0,01 mol.L<sup>-1</sup>, utilizando como indicador a fenolftaleína 1,0% (AOCS, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido oleico, conforme Equação 1.

$$\% \text{ acidez de ácido oleico} = (Vg \times Fc \times 10 \times 0,0282) / \text{massa da amostra} \text{ (Eq. 1)}$$

Em que:

$Vg$  = Volume gasto na titulação da amostra.

$Fc$  = fator de correção da solução de NaOH 0,01 mol.L<sup>-1</sup>.

### 4.3.2 Índice de peróxidos

A determinação do índice de peróxido (I.P) seguiu a metodologia da AOCS (1992). Foi pesado 5 g de amostra diretamente em Erlenmeyer de 250 mL, adicionam-se 30 mL de solução de ácido acético:clorofórmio 3:2 (v:v), na sequência foi adicionado 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio e coloca-se o conjunto em repouso por 1 min ao abrigo da luz. Em seguida, adicionaram 30 mL de água destilada e titulou-se com tiossulfato de sódio 0,01 mol.L<sup>-1</sup> na presença de solução de amido 1% como indicador. Os resultados foram expressos em mEq O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> de óleo, através da Equação (2):

$$I.P. = (Vg \text{ amostra} - Vg \text{ branco}) \times N \times Fc \times 1000 / \text{massa da amostra} \text{ (Eq. 2)}$$

Em que:

$Vg$  = volume da solução de tiossulfato de sódio a 0,01 mol.L<sup>-1</sup>;

$Vg$  branco = titulação executada com todos os reagentes e soluções, exceto a amostra;

$Fc$  = fator de correção da solução de tiossulfato de sódio 0,01 mol.L<sup>-1</sup>;

$N$  = concentração da solução de tiossulfato de sódio.

#### 4.3.3 Índice de iodo

Foi determinado seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) a partir da pesagem de 0,25g amostra , diretamente em Erlenmeyer de 250 mL, sendo adicionada de 10 mL de ciclohexano e 20 mL de solução de iodo-cloro segundo Wijs, o conjunto fechado foi colocado em repouso ao abrigo da luz por 30 min e após adicionaram-se 10 mL de solução de iodeto de potássio a 15% e 100 mL de água fervida e fria. A titulação foi executada com tiossulfato de sódio a 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, na presença de solução de amido a 1% como indicador.

Os resultados foram calculados como indicado na Equação (3), sendo expressos em g de I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup> de óleo:

$$I.I. = (Vg\ branco - Vg\ amostra) \times Fc \times 1,27 / \text{massa da amostra} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

Vg branco = titulação executada todos os reagentes e soluções exceto a amostra;

Vg amostra = volume da solução de tiossulfato de sódio a 0,1 mol.L<sup>-1</sup> gasto na titulação da amostra;

Fc = fator de correção da solução de tiossulfato de sódio 0,1 mol.L<sup>-1</sup>.

#### 4.3.4 Índice de refração

A determinação do índice de refração (I.R.) foi executada em refratômetro (figura 6) de bancada do tipo Abbé (Analytikjena), com controle automático de temperatura a 40 °C (Figura 6), seguindo a metodologia de AOCS (1993).



Figura 6 – Refratômetro.

#### 4.3.5 Índice de p-anisidina

A determinação do índice de p-anisidina (I.p-A) seguiu a metodologia da AOCS (2004). Pesou-se 2 g de amostra, diretamente em balão volumétrico de 25 mL e completou-se o volume com iso-octano. Pipetou-se 5 mL dessa solução para tubo de ensaio e adicionou-se 1 mL de solução de p-anisidina 1% em ácido acético glacial. Mediu-se a absorbância de ambas soluções em espectrofotômetro a 350 nm. Utilizando-se como branco para medida da primeira solução, apenas iso-octano, e da segunda, iso-octano adicionado de 1 mL de solução de p-anisidina 1%. Os resultados foram obtidos conforme Equação (4):

$$I.p - A. = [10 \times (1,2As - Ab)] / massa da amostra \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

As = absorbância da solução de óleo após a reação com p-anisidina.

Ab = absorbância da solução de óleo em iso-octano.

#### 4.3.6 Condutividade

Avaliou-se a condutividade elétrica das amostras, sendo as medidas realizadas em um condutivímetro (Tecnopon – Figura 7), o qual foi aferido com uma solução de KCl 0,01 mol L<sup>-1</sup> de condutividade igual a 1,413 mS a 25 °C.



Figura 7 - Condutivímetro.

#### 4.3.7 Cor

Um dos métodos para realizar a análise de cor, é através do colorímetro Tintometer, modelo Lovibond PFx995 (Figura 8) automático (AOAC, 2005). O colorímetro ou tintômetro Lovibond determina com exatidão os valores de cor de uma ampla variedade de líquido e sólido. Esse instrumento analisa cores de amostras sólidas, líquidas ou pastosas por meio da luz transmitida ou refletida. A medida das cores é feita por meio de comparações entre a cor da amostra analisada e a escala de cores Lovibond, que contempla medidas de cor para vermelho (0,1-70,0), amarelo (0,1 – 70,0), azul (0,1-9,0) e neutro (0,1-3,0) (FRANÇA; SANTOS; LIMA, 2007).



Figura 8 - Colorímetro.

#### 4.3.8 Coeficiente de extinção específica $K_{232}$ e $K_{270}$

Na determinação do coeficiente de extinção específica seguiu-se o método da IOOC (2008), sendo pesado 0,25 g do óleo em balão volumétrico de 25 mL, completa-se o balão com iso-octano grau HPLC e realizou-se a leitura da solução em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 232 e 270 nm.

#### **4.3.9 Compostos fenólicos**

Para extração dos compostos fenólicos, seguiu-se o método descrito por Montedoro et al. (1992), com algumas modificações, pesaram-se 2,50 g de azeite e adicionaram-se 2,0 mL de metanol:água (70:30) e 2,0 mL de hexano. Agitou-se vigorosamente por 1 min e manteve-se sob agitação lenta por mais 20 min. Após esse período, procedeu-se a centrifugação da amostra a 7000 g 4,0 °C por 10 min. A fase hidroalcóolica foi coletada e novamente centrifugada a 7000 g, 4,0 °C por 4 min. Posteriormente, a fase coletada foi transferida para balão volumétrico de 2,0 mL e avolumada com metanol:água (70: 30 v/v).

A determinação do total de compostos fenólicos foi realizada pela reação colorimétrica descrita por Gambacorta et al. (2010). Para isso, adicionaram-se 400 µL do extrato hidroalcóolico em tubo de Falcon, seguindo-se a adição de 400 µL de reagente Folin–Ciocalteu 2,0 mol.L<sup>-1</sup>. Após 4 min, acrescentaram-se 3200 µL de carbonato de sódio 5,0%, manteve-se a mistura em banho-maria por 20 min a 40 °C. Na sequência executou-se a leitura das amostras em espectrofotômetro (Jenway 6705 UV/VIS) no comprimento de onda 750 nm. Para quantificação, construiu-se uma curva padrão de ácido gálico, com leitura de absorbância a 750 nm. Os resultados foram expressos em mg.kg<sup>-1</sup> de ácido gálico.

#### **4.3.10 Clorofila**

Para a determinação de clorofilas totais, seguiu-se a metodologia Rodrigues-Amaya (2001), pesou-se 2,50 g de amostra em balão volumétrico de 10 mL, completou-se o volume com solução de iso-octano:etanol (3:1). Procedeu-se a leitura em espectrofotômetro UV/VIS, (Jenway 6705 UV/VIS) utilizando-se os comprimentos de onda 630, 670 e 710 nm. O conteúdo total de clorofilas foi determinado pela Equação 5, e expresso em mg.kg<sup>-1</sup>: (Figura 9).

$$\text{Clorofilas Totais } \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{A_{670} - \frac{A_{630} + A_{710}}{2}}{0,0964 l} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que: A<sub>670</sub> = absorbância obtida em 670 nm;

A<sub>630</sub> = absorbância obtida em 630 nm;

$A_{710}$  = absorbância obtida em 710 nm ;

L = comprimento da célula em cm.



Figura 9 – Espectrofotômetro.

#### 4.3.11 Carotenoides

Para a análise do total de carotenoides seguiu-se a mesma metodologia indicada para clorofilas e realizou-se a leitura da absorbância das soluções em espectrofotômetro UV/VIS (Jenway 6705 UV/VIS), utilizando-se o comprimento de onda 450 nm. Os resultados foram expressos em  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno, conforme a Equação 6:

$$\text{Carotenoides Totais } \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \frac{\text{Abs} \cdot V(\text{mL}) \cdot 10^6}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot 100 \cdot P(\text{g})} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que: Abs = absorbância; V = volume da solução (10 mL);  $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = coeficiente de absorção (2500, equivalente ao carotenoide majoritário  $\beta$ -caroteno); P = peso da amostra diluído no volume V.

#### 4.3.12 Atividade antioxidante – ABTS

Segundo metodologia descrita por Re et al. (1999), o óleo (0,0225 g) foi dissolvido em 10 mL de éter de petróleo, deste, retirou-se 1 mL e adicionou-se 3 mL de solução de ABTS, sendo homogeneizada vigorosamente (em vórtex). Após 6 min sob ausência de luz, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro UV/Vis (Jenway 6705 UV/VIS), no comprimento de onda de 734 nm. Os resultados foram expressos em % de inibição, segundo a Equação 7.

$$\% \text{ de inibição} = \frac{\text{Abs. branco} - \text{Abs. amostra}}{\text{Abs. branco} \cdot 100} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que:

Abs. = absorbância no UV/Vis

#### 4.4 Análise estatística

Os resultados foram expressos em médias e desvio padrão, sendo a comparação entre as amostras realizada por meio de análise de variância, complementada por teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, com auxílio do programa Statistix 10. As alterações das amostras ao longo do tempo de aquecimento foram avaliadas por regressão polinomial, utilizando-se o programa Excel.

## 5 Resultados e Discussões

### 5.1 Análises das amostras após aquecimento em bloco digestor

Os resultados das análises de qualidade em função do tempo de aquecimento em bloco digestor dos óleos de abacate, óleo de arroz e azeite de oliva estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os parâmetros de qualidade dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva**

Amostra	Tempo (horas)				
	0	1:30	3:00	4:30	6:00
Acidez (% ácido oleico)					
Óleo abacate	1,08± 0,14 a	3,64± 0,31 a	3,23± 0,31 a	3,02± 0,11 a	3,44± 0,10 a
Óleo arroz	0,09± 0,01 b	2,61± 0,10 a	2,81± 0,11 ab	3,02± 0,09 a	3,22±0,10 ab
Azeite oliva	0,19±0,01 b	2,28±0,20 b	2,40±0,31 b	2,60±0,11 b	2,92±0,21 b
Índice de peróxido (mEq-g O <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	6,28±0,49 b	6,91±1,77 ab	6,12±0,20 b	7,51±0,59 b	8,09±0,99 b
Óleo arroz	4,27±0,30 c	4,84±0,10 a	9,77±0,11a	11,25±0,39 a	10,07±0,19 a
Azeite oliva	8,50±0,30 a	8,44±0,30 b	8,24±0,29c	7,40±0,31 b	7,34±0,16 b
Índice de iodo (g de I <sub>2</sub> .100 g <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	89,07±0,15 b	85,89±4,022 b	87,92±0,78 b	84,16±3,45 b	87,90±1,98 ab
Óleo arroz	111,21±4,83a	97,43±1,09 a	97,16±3,93 a	100,32±0,43 a	90,69±10,36 a
Azeite oliva	93,29±3,05 b	80,81±0,97 b	86,99±3,80 b	81,37±1,55 b	74,93±0,19 b
Índice p-anisidina					
Óleo abacate	0,22±0,02 c	0,24±0,00 b	0,23±0,00 b	0,24±0,00 b	0,15±0,03 b
Óleo arroz	0,55±0,00 a	0,60±0,16 a	0,75±0,03 a	0,70±0,07 a	0,79±0,00 a
Azeite oliva	0,27±0,00 b	0,24±0,00 b	0,23±0,03 b	0,24±0,00 b	0,15±0,00 b
Índice de refração					
Óleo abacate	1,462±0,000	1,464±0,000	1,464±0,000	1,464±0,000	1,462±0,000
Óleo arroz	1,465±0,000	1,464±0,000	1,462±0,000	1,462±0,000	1,462±0,000
Azeite oliva	1,464±0,000	1,464±0,000	1,462±0,000	1,464±0,000	1,462±0,000
Condutividade (MS.cm <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,17±0,00	0,17±0,00
Óleo arroz	0,17±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,17±0,00
Azeite oliva	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00
Extinção específica K <sub>232</sub>					
Óleo abacate	2,19±0,03 b	2,33±0,04 a	2,29±0,01 b	2,28±0,00 b	2,27±0,00 b
Óleo arroz	2,56±0,00 a	2,36±0,07 a	2,40±0,00 a	2,43±0,00 a	2,40±0,00 a

Azeite oliva	2,21±0,03 b	2,20±0,00 b	2,21±0,01 c	2,18±0,00 c	2,18±0,00 c
Extinção específica $K_{270}$					
Óleo abacate	0,17±0,01 b	0,18±0,00 b	0,18±0,00 b	0,17±0,00 b	0,17±0,00 b
Óleo arroz	1,98±0,04 a	1,99±0,00 a	1,98±0,00 a	1,96±0,00 a	1,95±0,00 a
Azeite oliva	0,16±0,01 b	0,17±0,00 b	0,17±0,00 b	0,17±0,00 b	0,17±0,00 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p\geq 0,05$ ).

### 5.1.1 Teor de Acidez

O teor de acidez é um parâmetro que está diretamente correlacionado com o estado de qualidade de óleos e gorduras, esta determinação indica o conteúdo de ácidos graxos livres que existem na amostra, portanto, relaciona-se com a intensidade das reações de hidrólise da cadeia, que culminam com a liberação dos ácidos graxos constituintes. Esse parâmetro é de extrema importância na avaliação do estado de deterioração de um produto lipídico, já que elevados índices de acidez são indesejáveis (OETTERER, 2006; JORGE, 2010; SAGLAM et al., 2014).

A determinação da acidez evidenciou que o óleo de abacate controle apresentava teor significativamente maior de acidez ( $p\leq 0,05$ ), em relação aos demais óleos controles (sem aquecimento) (Tabela 2). Após 1:30 h de aquecimento, constatou-se que a acidez de todas as amostras aumentou expressivamente, sendo que a acidez do óleo de arroz equiparou-se a do óleo de abacate ( $p\geq 0,05$ ), ambas diferindo significativamente do azeite de oliva ( $p\leq 0,05$ ). Esse comportamento, de um modo geral, se manteve nos maiores tempos de aquecimento. No global, o azeite de oliva mostrou valores significativamente menores de acidez que os demais, provavelmente os compostos minoritários, que compõem a fração insaponificável do azeite, tenham contribuído para sua maior estabilidade hidrolítica. Ainda, cabe considerar que na composição de ácidos graxos do azeite de oliva, similarmente a do óleo de abacate, tem-se ácidos menos insaturados que no óleo de arroz, fato que pode contribuir para maior estabilidade.

Quando avaliado ao longo do aquecimento, observou-se que para o óleo de abacate, a continuidade do aquecimento, até 6 h, não produziu elevação no valor de acidez, provavelmente a redução observada em alguns valores deva-

se a erros experimentais, entretanto, avaliando-se estatisticamente, por regressão polinomial, as alterações na acidez ao longo do aquecimento para este produto, foram consideradas significativas ( $R^2 \geq 0,9$ ) (Figura 10). Já nas demais amostras, verificou-se uma tendência de aumento progressivo neste parâmetro, sendo a avaliação estatística da estabilidade também significativa para o azeite de oliva e não significativa para o óleo de arroz.

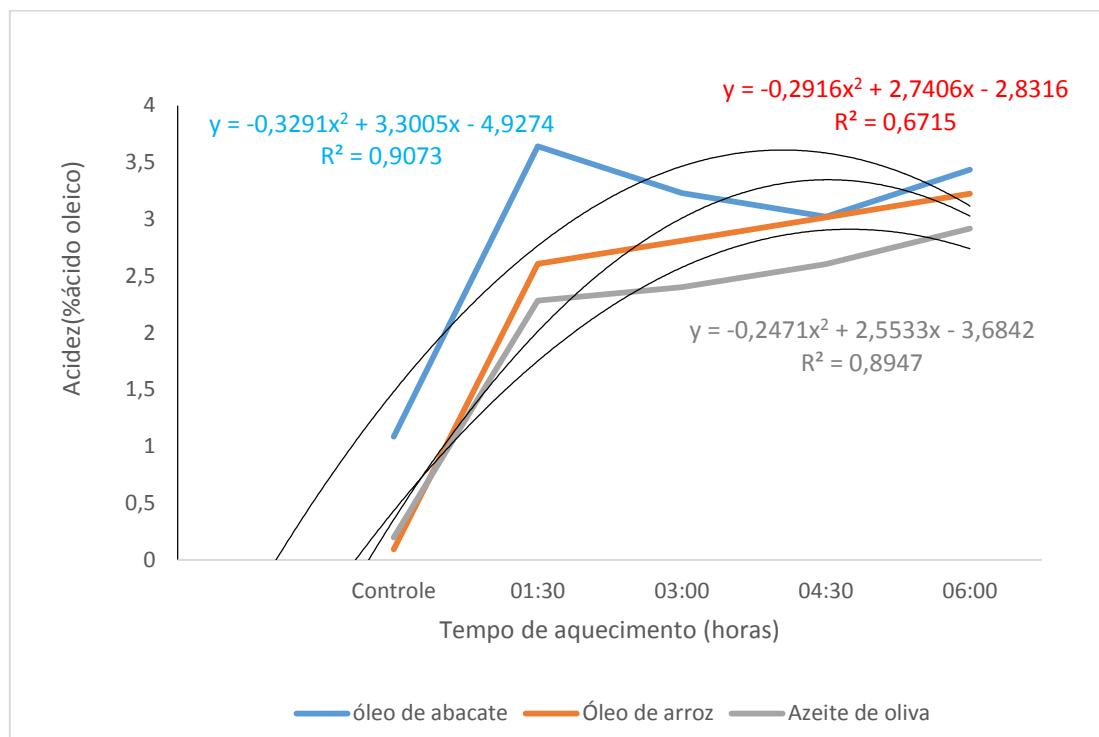


Figura 10 – Acidez (% ácido oleico) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

A legislação para o azeite de oliva extra virgem estabelece para este parâmetro valor máximo de 0,8% de ácido oleico (BRASIL, 2012), e para óleo de arroz no máximo 0,3% de ácido oleico (BRASIL, 1999). Para o óleo de abacate ainda não se tem dados definidos pela legislação vigente, entretanto, devido à similaridade de características e de modo de obtenção, serão feitas comparações com os valores de referência do azeite de oliva. Considerando estes valores, apenas as amostras não aquecidas (controles) estão em concordância com a legislação. Após 1:30 h de aquecimento todas mostraram acidez superior ao máximo estabelecido.

Verificou-se que após o aquecimento de 6 h, o óleo de abacate apresentou aumento de 3,2 vezes no valor inicial da acidez, o óleo de arroz em cerca de 36 vezes e o azeite de oliva em cerca de 15 vezes. Assim, apesar de todas as amostras terem evidenciado aumento de acidez, no óleo de abacate a proporção do aumento, em relação à condição inicial, foi a menor.

O aumento da acidez na amostra evidencia processos de deterioração sofridos, ou seja, a hidrólise e oxidação do óleo, que é acelerada tanto pela ação da luz como pelo aquecimento (ZENEbon, 2008).

Peixoto et al. (1998) mencionam que vários fatores influenciam na acidez, como grau de maturação, ação enzimática, qualidade e tipo de extração do azeite.

Pesquisa realizada por Vergara et al., (2006), comparou o comportamento de óleo de soja e óleo de arroz utilizados em frituras sucessivas de batatas; os autores observaram que após o oitavo período de fritura, correspondente a um tempo de 40 min em temperatura igual a 180 °C, o óleo de soja sofreu um acréscimo na acidez de 0,33% de ácido oleico e o óleo de arroz de 0,14% de ácido oleico. Valores inferiores aos obtidos neste estudo.

No estudo realizado por Roque (2017) com o óleo de soja aquecido em fritadeira industrial, ao longo de 17 ciclos de aquecimento intermitente (cada ciclo representado pela elevação da temperatura até 250 °C e subsequente resfriamento), mostrou-se que no segundo ciclo o óleo de soja já apresentava valor de acidez acima do recomendado.

Mendonça et al. (2008) avaliaram as alterações físicas e químicas de óleos vegetais utilizados em processo de fritura descontínua em Unidades Produtoras de Refeições (UPR) do Distrito Federal. As amostras foram coletadas a cada dois dias até o descarte do óleo (10 dias). Realizaram avaliações de acidez titulável, índice de iodo e de índice de peróxidos. Os autores concluíram que a fritura de alimentos e a reposição de óleo aceleram a degradação, produzindo alteração dos índices de acidez e peróxidos, e que a adição do óleo novo ao usado não permite que o índice de iodo seja utilizado como parâmetro para a escolha do momento de descarte do óleo.

No estudo realizado por Semer (2004), em amostras de óleo de canola, milho, oliva e soja submetidos ao aquecimento a 180 °C por 4h/dia durante 7 dias, mostrou um aumento crescente do índice de acidez para todas as

amostras, sendo os valores iniciais e finais, respectivamente, para óleo de canola: 0,13 -1,20; milho 0,13 – 0,83; azeite de oliva 0,65 - 1,50 e óleo de soja 0,10 – 0,81.

### **5.1.2 Índice de peróxido**

O índice de peróxidos (I.P.) é um parâmetro que está diretamente correlacionado com o estado de oxidação de óleos e gorduras, pois os peróxidos são os primeiros compostos formados na deterioração lipídica. (CECCHI, 2003).

Em relação ao I.P., entre as amostras controle (não aquecidas), o azeite de oliva foi o que mostrou maior valor ( $p \leq 0,05$ ). Após 3 h de aquecimento, o óleo de arroz mostrou valor significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) que o do azeite de oliva e do óleo de abacate, mantendo esse comportamento até o final do período de aquecimento. Entretanto, apesar da diferença significativa entre os valores ao longo do aquecimento (Tabela 2), todas as amostras apresentaram valores baixos para produtos de oxidação primária (peróxidos e hidroperóxidos). A legislação para azeite de oliva extra virgem estabelece para este parâmetro que o valor deva ser menor ou igual a 20,0 meq.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012), assim sendo, o azeite manteve boas características em relação a este parâmetro. Para o óleo de abacate, não há dados definidos na legislação, porém, tomando-se como base os valores estabelecidos para o azeite de oliva, poderia ser considerado que este óleo permaneceu adequado em relação ao teor de peróxidos, mesmo após 6 h de aquecimento a 180 °C. Já para os óleos refinados, caso do óleo de arroz, o valor pode ser de no máximo 10,0 meq.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 1999), desta forma, percebeu-se que este óleo após 3 h de aquecimento a 180 °C já evidenciou um estado de oxidação próximo ao limite para sua categoria.

Observou-se que ao longo do aquecimento o azeite de oliva teve uma redução gradativa no teor de peróxidos, à medida que os demais aumentavam. É possível que o aquecimento tenha gerado perdas de alguns dos produtos de oxidação, entretanto, esse fenômeno poderia ter atingido a todas as amostras, assim, acredita-se que este comportamento pode ter sido favorecido pela reduzida velocidade de formação de peróxidos no azeite em relação aos óleos,

possivelmente por efeitos protetivos de compostos antioxidantes naturalmente presentes neste produto.

Na avaliação dos produtos de oxidação primária ao longo do tempo de aquecimento, verificou-se uma redução significativa do I.P. no azeite de oliva, nas demais amostras as alterações não foram significativas (Figura 11).

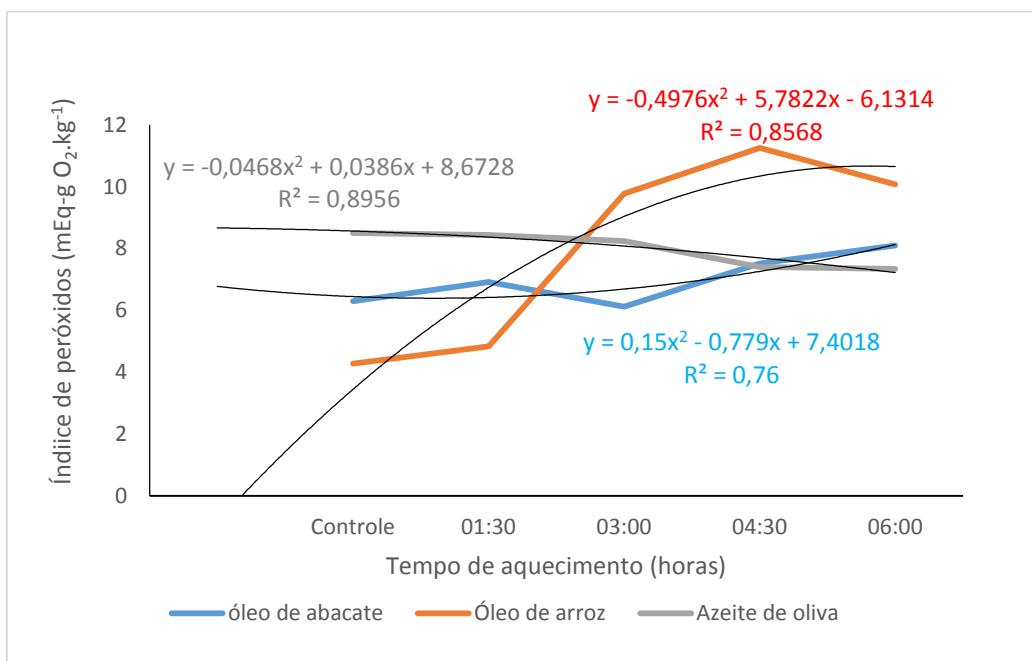


Figura 11 – Índice de peróxidos ( $\text{mEq-g O}_2\text{.kg}^{-1}$ ) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  em bloco digestor.

Ao final do aquecimento, no azeite de oliva, o teor de peróxido reduziu-se em cerca de 14%, já no óleo de abacate houve um aumento de cerca de 29% e no óleo de arroz o aumento representou cerca de 136%.

Salgado et al. (2008), avaliaram o óleo de abacate (*Persea americana* mill) extraído com hexano e acetona (1:1), e obtiveram valor de peróxidos superior ( $20,6 \text{ meq.O}_2\text{.kg}^{-1}$ ) aos encontrados neste estudo.

Cheikhousman, Zude e Bouveveresse (2005) analisaram dois tipos de azeite de oliva extra-virgem, e observaram que os hidroperóxidos pré-formados (ROOH) diminuíram exponencialmente durante o processo de aquecimento, como resultado da sua degradação em produtos secundários da peroxidação.

Para Sanibal e Mancini Filho (2002), o índice de peróxidos isolado não deveria ser uma medida recomendada para avaliação da deterioração de óleos e gorduras submetidos ao aquecimento, como em fritura, mesmo assim são os únicos parâmetros químicos escolhidos pela norma brasileira para regulamentar a adequação de óleo para o consumo no país. Contudo, no Brasil, ainda não existe legislação específica para óleo ou gordura de fritura.

### 5.1.3 Índice de iodo

O índice de iodo (I.I) está relacionado às reações de halogenação, e parte do princípio que cada dupla ligação presente em ácidos graxos insaturados tem a possibilidade de reagir com o iodo, na forma de cloreto ou brometo, produzindo derivados saturados (MAIA, 2006). Assim quando maior o índice de iodo, maior o número de duplas ligações presentes no óleo. A importância de determinar o I.I é que através deste índice pode-se estimar o conteúdo de ácidos graxos insaturados, correlacionar com a susceptibilidade à rancidez oxidativa, controlar o processo de hidrogenação e/ou verificar adulterações em óleos (MORRETO; FETT, 1998).

Nos dados de I.I., observou-se valores significativamente maiores ( $p \leq 0,05$ ), em todos os casos, para o óleo de arroz, o que já era esperado, pois este óleo tem como majoritário um ácido graxo dissaturados (linoleico), enquanto que o óleo de abacate e o azeite de oliva tem maior abundância de um ácido graxo monoinsaturado (oleico) (SUGANO et al., 1997; SANTOS et al., 2014a; SANTOS et al., 2015).

A similaridade na composição se refletiu nos dados de I.I, em que não se observaram diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre o óleo de abacate e o azeite de oliva, tanto nos controles quanto em qualquer dos tempos de aquecimento no bloco digestor.

A legislação para azeite de oliva extra virgem estabelece para o I.I. valores entre de 75 a 94  $I_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (BRASIL, 2012). Já para o óleo de arroz, o valor estabelecido é de 99-108  $I_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (BRASIL, 1999). Considerando os valores obtidos (Tabela 2), de um modo geral, todos os resultados estão dentro do que preconiza a legislação.

A avaliação do I.I. ao longo do tempo de aquecimento mostrou que as alterações não foram significativas em qualquer as amostras lipídicas (Figura 12).

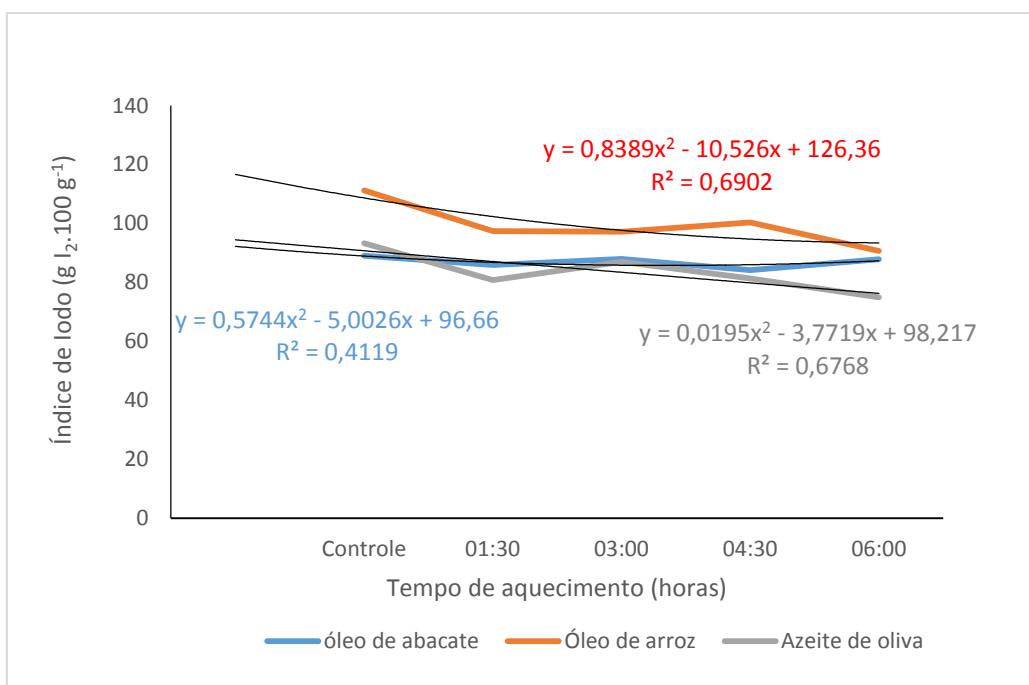


Figura 12 – Índice de Iodo ( $I_2 \cdot 100g$ ) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

O óleo de abacate foi o que mostrou menor variação numérica no I.I. ao longo do tempo de aquecimento (inicial 89,07 e final 87,90  $g I_2 \cdot 100g^{-1}$ ), enquanto que o óleo de arroz foi o que mostrou maior alteração (inicial 111,21 e final 90,69  $g I_2 \cdot 100g^{-1}$ ), no azeite de oliva as alterações se aproximaram das ocorridas no óleo de arroz (inicial 93,29 e final 74,93  $g I_2 \cdot 100g^{-1}$ ).

A redução no índice de iodo indica diminuição no conteúdo de duplas ligações, podendo estar relacionada à alterações nos ácidos graxos constituintes (MORETTO et al , 1998).

Morgharbel e Freitas ( 2003) relataram que o índice de iodo para óleo de soja e gordura vegetal hidrogenada, determinado durante 72 horas de aquecimento, mostrou diferenças significativas das médias, obtendo valor de F para o óleo (13,21) e para gordura (7,10) maiores que o tabelado (2,06 para ambos), portanto, concluindo que o tempo de aquecimento influenciou o índice de iodo do óleo, assim como da gordura.

O estudo realizado por Roque (2017), com óleo de soja em ciclos intermitentes de aquecimento, mostrou que foi pouco expressiva a variação no índice de iodo, com leve tendência decrescente, indicando perdas de duplas ligações com o aumento do tempo de aquecimento.

#### **5.1.4 Índice de p-anisidina**

O índice de p-anisidina fundamenta-se na relação de produtos secundários da oxidação de lipídeos, sobretudo compostos aldeídos, como a p-anisidina com posterior determinação por absorbância a 350 nm. O valor de p-anisidina é definido como o valor resultante de 100 vezes a absorbância detectada em solução de 1 grama de óleo em mistura de solvente e reagente, em cubeta de 1 cm (AOCS,2004).

Observaram-se diferenças significativas entre as amostras controle em relação ao índice de p-anisidina, sendo que o óleo de arroz mostrou o maior valor e o de abacate o menor ( $p\leq 0,05$ ). A partir de 1:30 h até o final do tempo de aquecimento o óleo de abacate e o azeite de oliva passaram a não diferir mais em relação a esta determinação, sendo os valores para ambos significativamente menores que os obtidos para o óleo de arroz ( $p\leq 0,05$ ).

Quando os produtos foram avaliados ao longo do tempo de aquecimento, constatou-se que nenhum deles mostrou alteração significativa neste parâmetro (Figura 13).

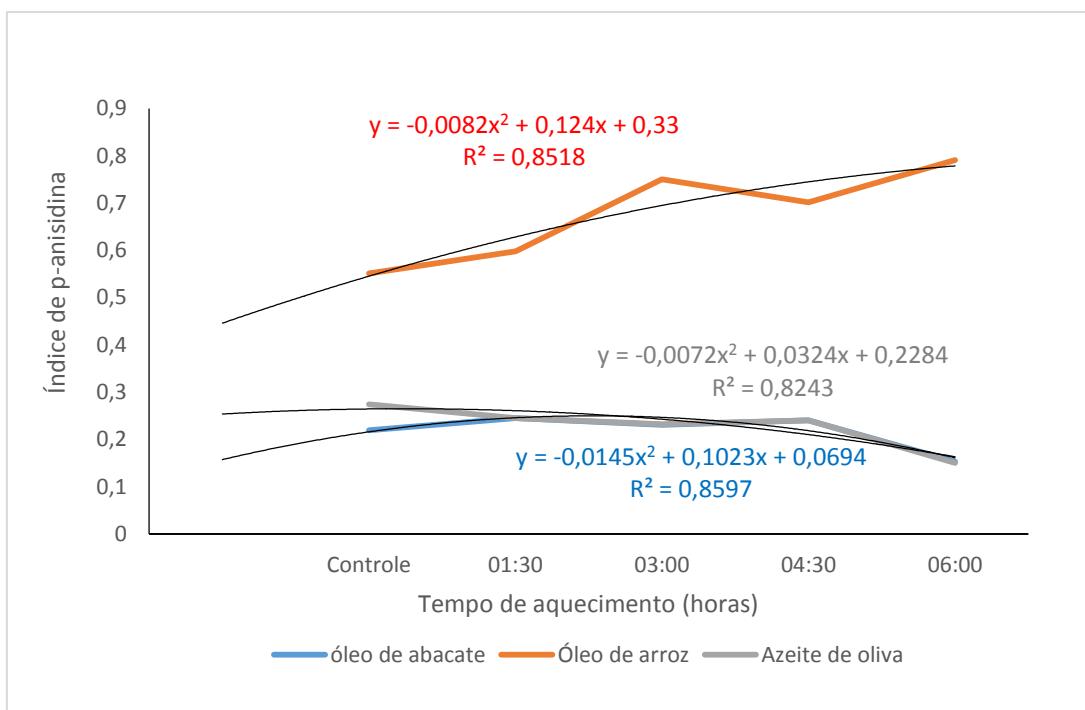


Figura 13 – Índice de p-anisidina dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

Para este parâmetro não há limites estabelecidos pela legislação, entretanto, valores inferiores a 10 indicam que a amostra lipídica não apresenta teor expressivo de compostos secundários de oxidação (SILVA, 1999). Assim sendo, todas as amostras apresentaram reduzidos teores de produtos secundários de oxidação, mesmo após 6 h de aquecimento em bloco digestor.

Houhoula et al. (2002) relataram um aumento significativo do índice de p-anisidina em óleo de algodão com o aumento da temperatura durante 12 h de aquecimento 185 °C.

### 5.1.5 Índice de refração

O índice de refração relaciona-se com o grau de instauração das ligações de um ácido graxo, elevando-se com o aumento do número de ligações duplas e também com o aumento de massa molecular dos ácidos graxos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Esse índice também é afetado por outros fatores, tais como: teor de ácidos graxos livres, presença de produtos de oxidação e temperatura da análise (SILVA et al., 2012).

Nos dados de índice de refração mostrados na Tabela 2, não houve variação entre as replicatas para mesma amostra, portanto, não indicando a aplicação de teste de médias. Verificou-se que entre as amostras controle, o óleo de arroz mostrou maior valor, considerando que o óleo de arroz contém maiores teores de ácidos graxos insaturados que o de abacate e o azeite de oliva, este resultado pode ser considerado adequado (ZAMBIAZI, 2003). Após o aquecimento, os valores de I.R. ficaram similares, constatando-se ligeira redução para o óleo de arroz e manutenção para os demais.

Na avaliação do I.R. ao longo do tempo de aquecimento, obteve valores significativos nos óleos de abacate e de arroz, tendo-se observado no óleo de abacate aumento após 1:30 h de aquecimento, com manutenção até 4:30 h, e redução após 6 h. Já no óleo de arroz houve redução após 3 h e manutenção até o final do aquecimento. No azeite de oliva não houve clara tendência, sendo portanto não significativa a alteração (Figura 14).

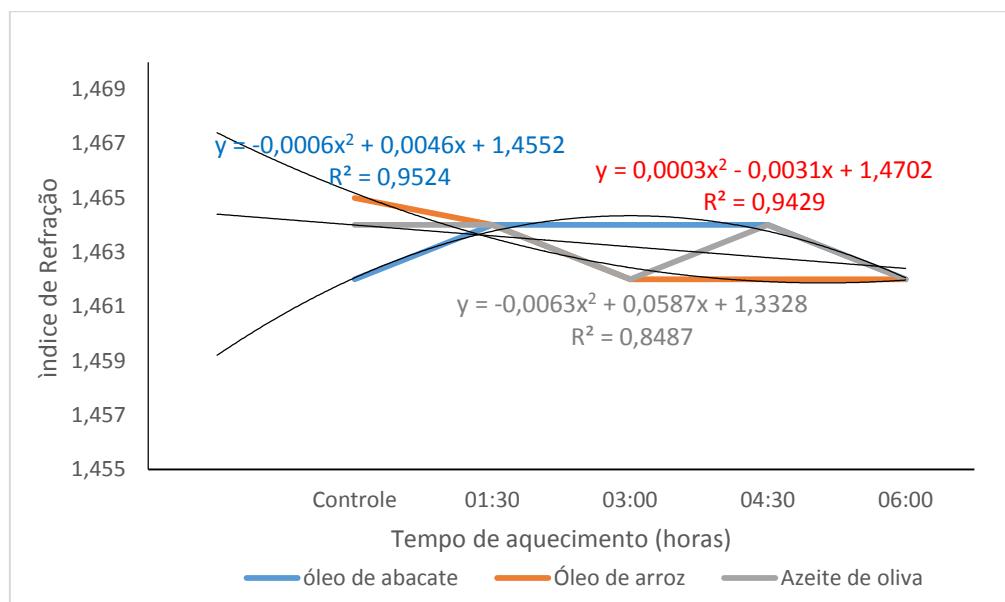


Figura 14 – Índice de refração dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

Jorge et al. (2005) mencionaram que o aquecimento pode influenciar nos valores do índice de refração, produzindo o rompimento das insaturações e levando a redução nos valores, entretanto, a polimerização de alguns compostos poderia acarretar no aumento deste índice.

A legislação brasileira preconiza para o azeite de oliva extra virgem valores entre 1,4677 e 1,4705 (BRASIL, 2012) e para o óleo de arroz entre 1,465 e 1,468 (BRASIL, 1999). Com base nestes valores, somente o óleo de arroz controle esteve em conformidade, enquanto que as demais amostras, independentemente do aquecimento e do tempo, ficaram ligeiramente abaixo das faixas preconizadas.

Os dados deste estudo são corroborados pelas observações de Varela et al. (1983) cujo estudo demonstrou que os valores para o índice de refração de alguns óleos vegetais (soja, oliva e girassol) utilizados em frituras repetidas, não apresentaram alterações ao longo do processo. Segundo estes mesmos autores, em geral, este índice não varia quando as condições experimentais são mais brandas.

Em estudo que avaliou óleo de soja, foi demonstrada uma tendência crescente do índice de refração das amostras analisadas, conforme houve aumento dos ciclos de aquecimento (ROQUE, 2017). Uma justificativa para esse aumento, é que apesar de ocorrer o rompimento das insaturações, devido ao aquecimento, acontece a polimerização de alguns compostos, que pode influenciar no aumento do índice de refração (JORGE et al., 2005).

Damy e Jorge (2003) objetivaram em seu estudo determinar as alterações físicas e químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua de batata, sendo coletadas amostras de óleo após 0,5; 3,5; 5,5 e 7,5 horas de fritura e realizadas as seguintes determinações analíticas: índice de acidez, compostos polares totais (CPT), índice de peróxidos e índice de refração. Sendo observado o aumento nestes parâmetros, demonstrado que são bons indicadores para avaliar o nível de alteração de óleos.

### **5.1.6 Condutividade elétrica**

As informações sobre a condutividade elétrica de óleos vegetais podem estar correlacionadas com a presença de produtos de decomposição, já que ácidos graxos livres, peróxidos, hidroperóxidos, aldeídos e cetonas de baixo peso molecular, são espécies que elevariam a condutividade elétrica do meio (SILVA et al., 1998). Entretanto, considerando a baixa permissividade (alta resistência) dos óleos vegetais (MENDONÇA, 2005), praticamente não se

observaram diferenças nos valores destas medidas para qualquer das amostras, em função do aquecimento (Tabela 2). Por outro lado, pelos dados obtidos para os índices de peróxidos e p-anisidina poderia se inferir que não houve a produção expressiva destas espécies (produtos de oxidação primária e secundária) que permitissem a elevação da condutividade elétrica das amostras avaliadas.

### **5.1.7 Coeficiente de extinção específica ( $K_{232}$ e $K_{270}$ )**

O coeficiente de extinção específica avaliado em 232 nm ( $K_{232}$ ) correlaciona-se com os produtos de oxidação primária devido à conjugação de ácidos graxos polinsaturados. (CRIZEL-CARDOZO, 2014) Nos resultados deste coeficiente observaram-se algumas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras, entretanto, numericamente os valores foram próximos. Verificou-se que o óleo de arroz mostrou valores significativamente superiores aos demais ( $p \leq 0,05$ ), tanto no controle quanto em qualquer dos tempos de aquecimento; já o azeite de oliva, menores valores ( $p \leq 0,05$ ). Para o coeficiente de extinção específica avaliado em 270 nm ( $K_{270}$ ), que está associado ao conteúdo de produtos de oxidação secundária, constatou-se diferença entre óleo de arroz e os outros dois produtos, tendo o óleo de arroz mostrado valores significativamente maiores que os demais ( $p \leq 0,05$ ).

A avaliação de  $K_{232}$  e  $K_{270}$  nos óleos, ao longo do tempo de aquecimento, evidenciou que apenas o óleo de arroz mostrou alteração significativa, e somente no comprimento de onda de 270 nm (Figuras 15 e 16), sendo observada pequena redução nos valores com o aquecimento. Como o óleo de arroz controle apresentou elevados valores para  $K_{270}$ , ou seja, presença de produtos de oxidação secundária, com o aquecimento pode ter ocorrido pequenas perdas destes compostos, tendo em vista que são de baixo peso molecular e podem ter volatilizado.

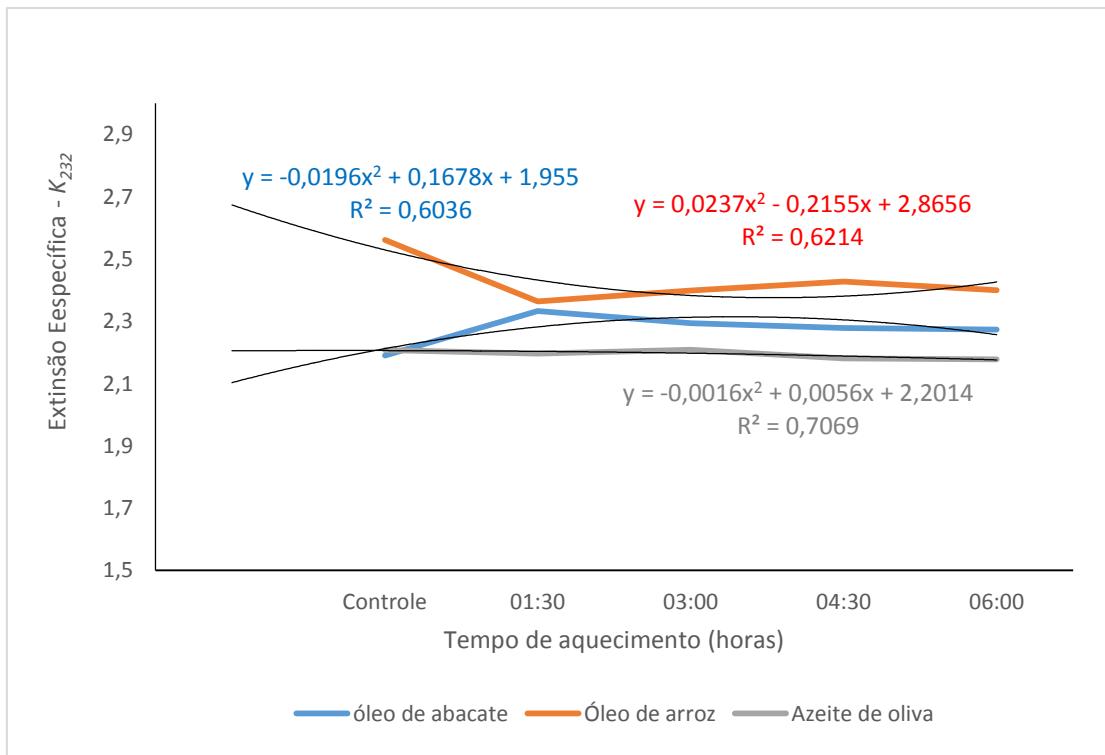


Figura 15 – Coeficiente de extinção específica  $K_{232}$  dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

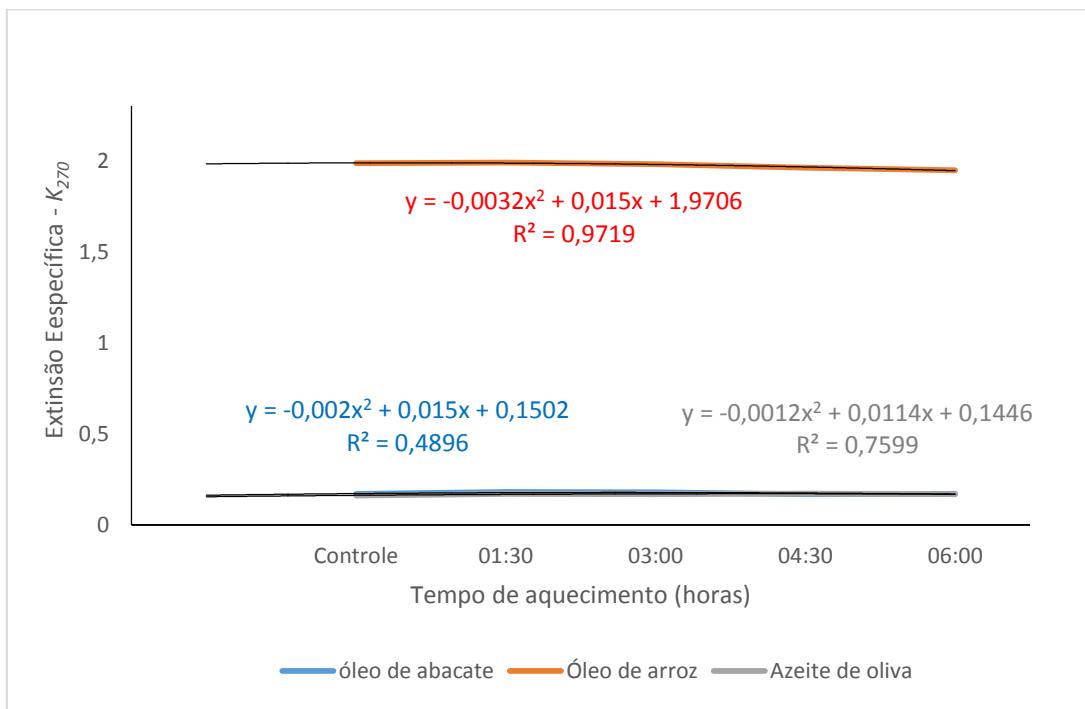


Figura 16 – Coeficiente de extinção específica  $K_{270}$  dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

Na legislação, há definição de valores para o coeficiente de extinção específica ( $K_{232}$  e  $K_{270}$ ), apenas para o azeite de oliva, sendo que para a categoria extra-virgem, o  $K_{232}$  deve ser menor ou igual à 2,50 e o  $K_{270}$  menor ou igual 0,22 (BRASIL, 2012). Tomando estes dados como referência, podemos considerar que em relação aos produtos de oxidação primária ( $K_{232}$ ), todas as amostras, em qualquer das condições de aquecimento, mantiveram-se dentro do aceitável, por outro lado, em relação aos produtos de oxidação secundária ( $K_{270}$ ), o óleo de arroz apresentou sempre valores acima do que seria o recomendável, portanto, indicando a presença de derivados carbonílicos (aldeídos e cetonas) em níveis superiores ao ideal, considerando o parâmetro estabelecido para o azeite de oliva.

Segundo a literatura, o processamento térmico moderado provoca alterações nos valores dos coeficientes de extinção ( $K_{270}$  e  $K_{232}$ ). Em contraste, o aquecimento a temperaturas correspondentes a frituras resulta no aumento de ambos os coeficientes (QUILES et al., 2002; ALLOUCHE et al., 2007; BESTER et al., 2008; CASAL et al., 2010; MARTINEZ-PINEDA, 2011; SANTOS et al., 2013).

**Tabela 3 –** Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva

Amostras	Tempo (horas)				
	0	1:30	3:00	4:30	6:00
Clorofilas (mg.kg <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	10,44±0,11a	6,11±0,47a	4,27±0,00a	4,43±0,09 <sup>a</sup>	2,12±0,51 <sup>a</sup>
Óleo arroz	0,04±0,05c	ND	ND	ND	ND
Azeite oliva	1,06±0,00b	0,28±0,14b	0,50±0,01b	0,42±0,00b	0,30±0,05b
Carotenoides (mg.kg <sup>-1</sup> de β-caroteno)					
Óleo abacate	20,25±0,08a	16,06±0,00a	13,31±0,01a	11,50±1,42a	10,18±0,15 <sup>a</sup>
Óleo arroz	1,52±0,02c	1,86±0,28b	1,19±0,01b	1,13±0,00b	1,61±0,01b
Azeite oliva	1,76±0,04b	0,75±0,17c	0,88±0,02c	0,95±0,08c	0,75±0,00c
Capacidade antioxidante (% de inibição)					
Óleo abacate	4,10±0,00b	2,50±0,00a	2,73±0,00a	1,40±0,00a	1,30±0,00b
Óleo arroz	4,20±0,00a	1,50±0,00ab	1,30±0,00b	2,00±0,00a	1,70±0,00a
Azeite oliva	4,13±0,00ab	2,00±0,00b	1,10±0,00b	1,00±0,00a	1,10±0,00b

Compostos fenólicos (mg.kg <sup>-1</sup> de ácido gálico)						
Óleo abacate	148,79±0,36b	157,73±3,51b	152,96±3,09b	152,78±1,36b	126,90±1,28b	
Óleo arroz	120,13±0,12c	118,09±0,97c	121,98±0,24c	122,69±0,08c	125,25±0,88b	
Azeite oliva	166,41±0,18a	213,47±0,30a	174,78±0,87a	191,92±2,2a	203,07±1,51 <sup>a</sup>	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p\geq 0,05$ ).

ND: não detectável

### 5.1.8 Pigmentos: Carotenoides e Clorofilas

Os carotenoides presentes no óleo de abacate são: luteína,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ - caroteno e zeaxantina. Estudos epidemiológicos sugerem que esses carotenoides exercem papel protetor importante contra doenças cardiovasculares, oculares e alguns tipos de câncer (TODD et al., 1999; BUIJSSE et al., 2005; KRINSKY; JOHNSON, 2005), principalmente devido à sua atividade antioxidante (McNULTY et al., 2008), regulação do crescimento celular e modulação da expressão gênica (RAO; RAO, 2007).

A clorofila é um parâmetro importante de qualidade, enumerando-se como um dos atributos para avaliar os óleos, uma vez que o manejo e o tempo de estocagem promovem mudanças significativas, no conteúdo de clorofila. Sob exposição à luz, a degradação dos pigmentos responsáveis pela cor verde causa a descoloração do óleo (SILVA, 2011; JORGE, 2010).

Observaram-se diferenças significativas entre as amostras em todos os tempos de avaliação, tanto para clorofilas quanto para carotenoides, tendo o óleo de abacate apresentado valores significativamente maiores ( $p\leq 0,05$ ), para ambos os pigmentos em qualquer dos períodos de análise (Tabela 3).

O óleo de arroz mostrou menor conteúdo de clorofilas que o azeite de oliva, entretanto, em relação aos carotenoides, verificou-se o contrário, sendo o teor maior no óleo de arroz, com manutenção da vantagem, mesmo após às 4:30 h de aquecimento a 180 °C.

Ao avaliar ao longo do tempo de aquecimento, verificou-se que o óleo de abacate teve uma perda significativa de cerca de 80% de clorofilas após 4:30 h de aquecimento a 180 °C. Enquanto que no azeite de oliva, essa perda ficou em torno de 72%. Para o óleo de arroz, o conteúdo deste pigmento, que

inicialmente era muito pequeno (controle), ficou indetectável, já a partir de 1:30 h de aquecimento.

A avaliação estatística por regressão (considerando  $R^2 \geq 0,9$ ) não indicou alteração significativa de clorofilas ao longo do aquecimento para o azeite de oliva e óleo de arroz (Figura 17).

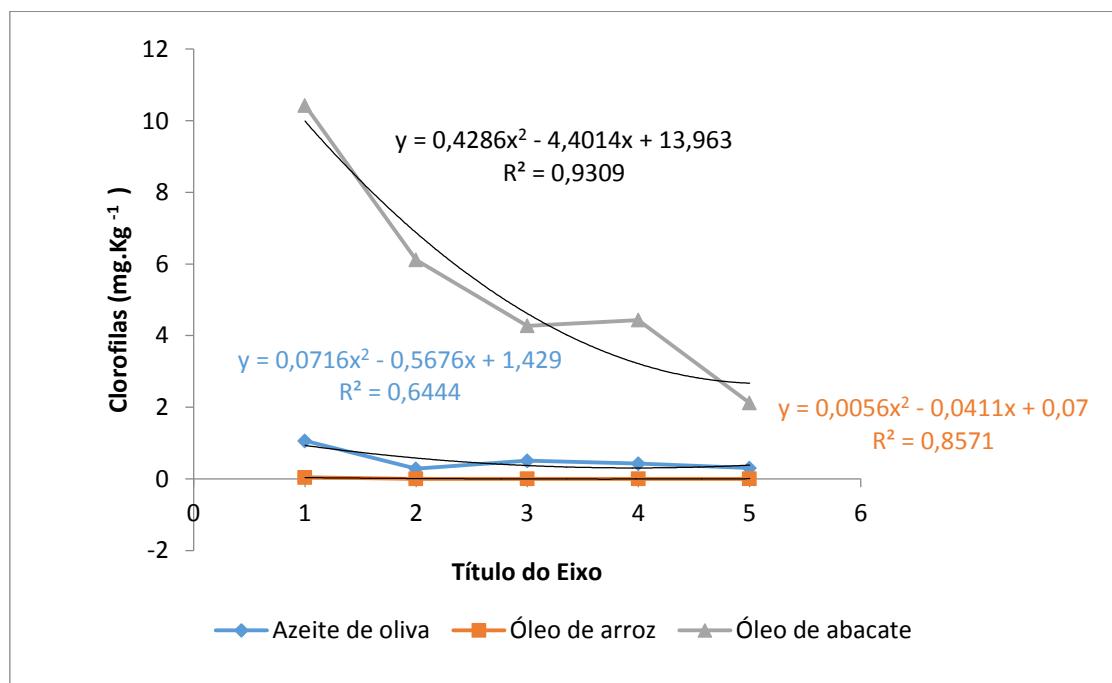


Figura 17 – Conteúdo de clorofilas ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) nos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

Quanto aos carotenoides, as perdas após 6 h de aquecimento a 180 °C foram de, aproximadamente, 58% para o azeite de oliva e 50% para o óleo de abacate. Em relação ao óleo de arroz, não se detectaram perdas, tendo ocorrido certo aumento nos teores, que podem estar associados a erros analíticos, considerando os pequenos valores das determinações.

Também para os carotenoides, não houve alteração significativa ( $p \geq 0,05$ ) ao longo do aquecimento para o azeite de oliva e óleo de arroz (Figura 18).

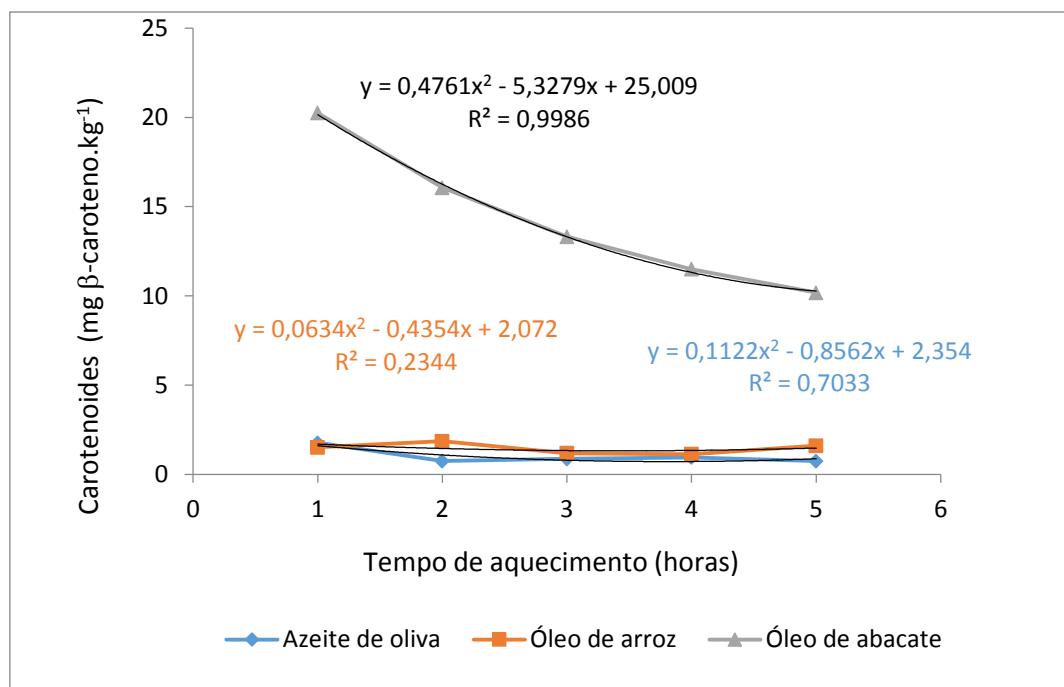


Figura 18 – Conteúdo de carotenoides ( $\text{mg } \beta\text{-caroteno.kg}^{-1}$ ) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a  $180^{\circ}\text{C}$  em bloco digestor.

No estudo de Procida et al. (2009), que avaliaram a influência da composição química do azeite de oliva sobre o desenvolvimento de compostos voláteis durante a fritura, não foi observado nenhum efeito positivo para os pigmentos (clorofilas e carotenoides), confirmando que, quando a alta temperatura foi aplicada houve prejuízo destes pigmentos.

### 5.1.9 Capacidade antioxidante - ABTS

Existe um interesse crescente nas propriedades antioxidantes dos compostos naturais e componentes alimentares. Sabe-se que é aconselhável controlar estas características durante o processamento dos alimentos, a fim de melhorar a qualidade nutricional e estabilidade dos produtos. Assim, a avaliação da atividade antioxidante e sua eficácia é uma função relevante para a previsão do tempo de vida útil de um óleo ou azeite (CONDELLI et al., 2015).

A oxidação lipídica é uma das principais causas de deterioração da qualidade do azeite virgem, afetando as características sensoriais e comprometendo assim a aceitabilidade do produto. Além disso, os compostos de degradação que se formam em óleos oxidados são também conhecidos, por

causarem efeitos negativos sobre à saúde quando ingeridos (MANCETO-CAMPOS et al., 2014).

Segundo alguns autores, ainda não há uma metodologia consolidada referente à análise da atividade antioxidante de óleos vegetais, e muitas vezes os resultados obtidos são de difícil interpretação. A análise do potencial antioxidante é considerada um desafio analítico devido ao fato de que os métodos disponíveis terem sido desenvolvidos para análise de amostras aquosas, e geralmente adaptações nos ensaios são necessárias para obter melhores resultados com amostras lipofílicas (NINFALI et al., 2001; CASTELO-BRANCO; TORRES, 2011).

Porém Koidis e Boskou (2015) sugerem que a atividade antioxidante do azeite, geralmente, é determinada pelo método ABTS ou pelo radical DPPH, os quais são ensaios baseados na capacidade de proteger contra a oxidação pelos radicais peroxil. Estes autores ainda mencionam que estes métodos fornecem informações sobre a bioatividade *in vitro* dos azeites, e a proteção contra auto-oxidação, contudo a sua biodisponibilidade e seu papel na saúde e nutrição, são muito mais complexos.

Observou-se que em relação à capacidade antioxidante, não houve uma expressiva diferença entre as amostras, tendo-se observado, na amostra controle, valor ligeiramente maior para o óleo de arroz. Após 1:30 h de aquecimento houve certa perda de capacidade antioxidante em todas as amostras, fato que se intensificou moderadamente após 3 h de aquecimento. Com a continuidade do aquecimento não houve muita alteração da capacidade antioxidante das amostras, não se observando uma clara tendência entre elas.

Na análise da capacidade antioxidante das amostras ao longo do aquecimento, houve alteração significativa no óleo de arroz (Figura 19).

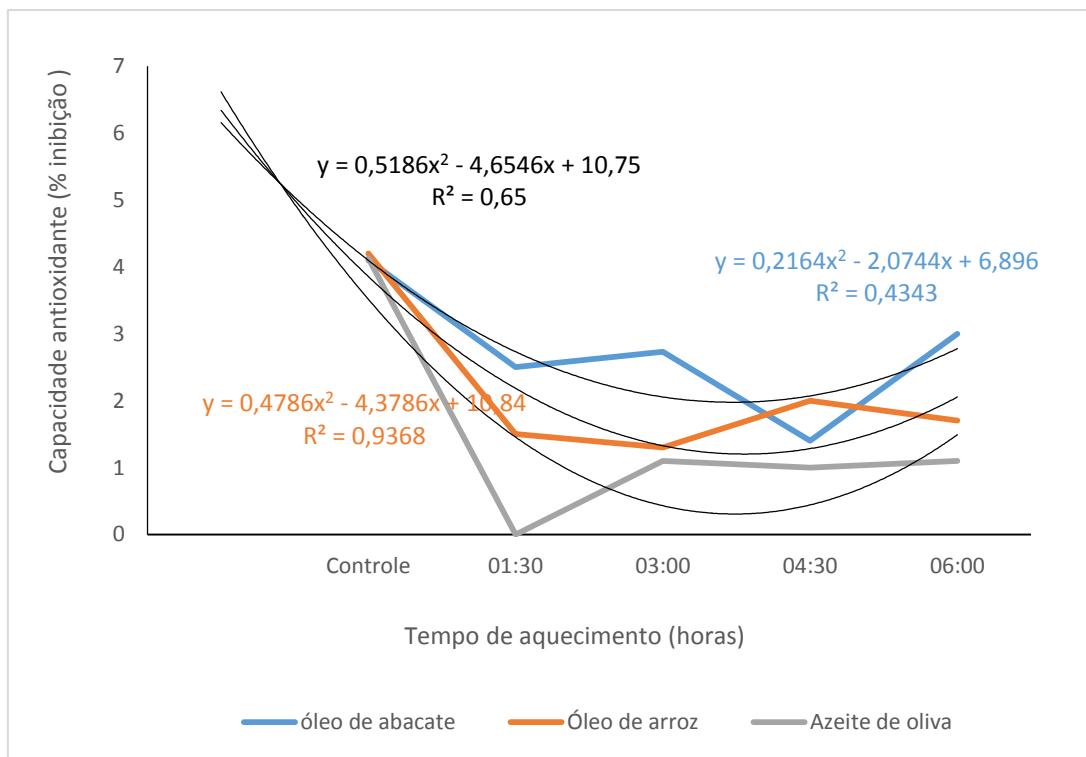


Figura 19 – Capacidade antioxidante (% de inibição) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

Após 6 h de aquecimento à 180 °C, a perda na capacidade antioxidante do óleo de abacate foi de 68%, do óleo de arroz, cerca de 60% e, do azeite de oliva, aproximadamente de 73%.

De acordo com Wang, Hicks e Moreau (2002), o óleo de arroz possui maior atividade antioxidante que outros óleos, e esta atividade aumenta marcadamente com a concentração de  $\gamma$ -orizanol. Coni, Podestá e Catone (2004), também relatam que a atividade antioxidante do  $\gamma$ -orizanol é particularmente alta.

### 5.1.10 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos constituem uma importante classe de produtos naturais, responsáveis por processos que evitam a auto-oxidação e a foto-oxidação nas plantas, pois exercem atividade antioxidante frente aos radicais livres produzidos durante a fotossíntese (LARA-ORTEGA et al., 2016).

Para o azeite de oliva, a determinação da fração de compostos fenólicos é um parâmetro que avalia a qualidade do produto no aspecto nutricional e do

ponto de vista sensorial, pois estes compostos interferem marcadamente nas características sensoriais de amargo e picante (MELLO; PINHEIRO, 2012).

De acordo com Dag et al. (2011), o teor de compostos fenólicos é reduzido durante o amadurecimento dos frutos, o que torna o azeite mais suscetível a oxidação, entretanto, se o azeite for extraído de azeitonas em estádio inicial de amadurecimento, apresentará aspectos inaceitáveis sensorialmente, sendo necessário definir um ponto de maturação ideal para a extração.

Teores discrepantes do conteúdo de compostos fenólicos têm sido relatados na literatura (de 5 a 1000 mg.kg<sup>-1</sup>) mas, os valores são geralmente entre 100 e 300 mg.kg<sup>-1</sup>. O cultivar, o sistema de extração, as condições de processamento, a embalagem, a distribuição e o armazenamento são fatores críticos que podem afetar o conteúdo final de compostos fenólicos no produto (TSIMIDOU, 1998).

A avaliação comparativa das amostras, quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, evidenciou que o azeite de oliva mostrou valores significativamente superiores ( $p \leq 0,05$ ), tanto no controle como após o aquecimento nos diferentes tempos, sendo de um modo geral, seguido pelo óleo de abacate (Tabela 3). O óleo de arroz, no geral, mostrou os menores valores para estes compostos.

Avaliando-se cada amostra ao longo do aquecimento, foi observado que foi significativo somente para óleo de arroz, o óleo de abacate e azeite de oliva não se observaram alterações significativas de qualquer delas em relação ao conteúdo de compostos fenólicos (Figura 20).

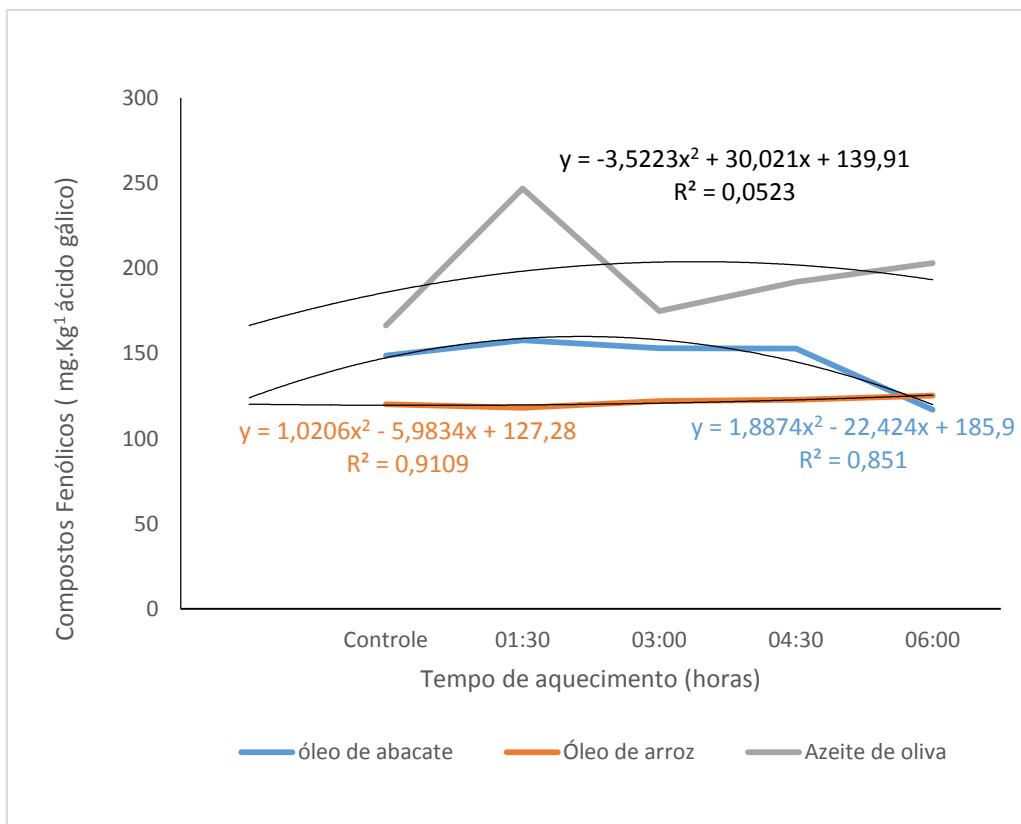


Figura 20 – Compostos fenólicos (mg.kg<sup>-1</sup> ácido gálico) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.

De um modo geral houve certas alterações, que podem estar associadas ao erro experimental da técnica, entretanto, pode-se considerar que houve boa manutenção do conteúdo destes compostos nos óleos, mesmo após 6 h de aquecimento no bloco digestor a 180 °C.

No estudo de Marques (2015), foi mostrado que o aquecimento do azeite provoca alterações que se traduziram numa diminuição do teor de compostos fenólicos, embora apenas com significado estatístico para os processamentos a temperaturas correspondentes a frituras. Entretanto, os autores consideram que processamentos moderados não parecem provocar grandes alterações no teor de fenóis totais.

Quiles et al. (2002) referem que a redução do teor de fenólico, como consequência do processo de fritura, deve-se provavelmente à destruição térmica destes compostos e/ou devido sua utilização na proteção dos óleos vegetais contra a oxidação.

### 5.1.11 Análises de cor

Os resultados das análises de cor em função do aquecimento realizado no bloco digestor dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Efeito do aquecimento em bloco digestor sobre os parâmetros de cor dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva

Amostras	Tempo (horas)				
	0	1:30	3:00	4:30	6:00
Escala Lovibond - Cor amarela					
Óleo abacate	70,0±0,0	70,0±0,0	70,0±0,0	70,0±0,0	60,0±0,0
Óleo arroz	8,3±0,0	11,0±0,0	12,0±0,0	11,0±0,0	12,0±0,0
Azeite oliva	70,0±0,0	2,0±0,0	3,0±0,00	2,7±0,0	0,7±0,0
Escala Lovibond - Cor vermelha					
Óleo abacate	70,0±0,0	2,4 ±0,0a	1,2±0,0ab	3,3±1,4a	4,0 ±0,0a
Óleo arroz	8,3±0,0	1,2±0,1b	1,4±0,1ab	0,6±0,1	0,7±1,3b
Azeite oliva	70,0±0,0	0,0±0,0	0,9±0,0b	0,4±0,1b	0,7±0,1b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p \geq 0,05$ ).

A cor é o índice de unidades vermelhas e amarelas, medidas pela escala Lovibond (MAPA, 1993). Esse método define a cor de gorduras líquidas ou óleos, transmitidas pela luz a uma profundidade específica, pela comparação com a cor da luz de origem de um mesmo feixe, transmitida de vidros padrão (AOCS, 2004).

Em relação à cor amarela, verificou-se que antes do aquecimento (amostra controle), o óleo de abacate e o azeite de oliva apresentavam o valor máximo, enquanto que o óleo de arroz, por ser refinado, apresentou valores muito inferiores.

De acordo com o *Codex Alimentarius* (2003) o azeite de oliva extra virgem deve ser claro, de cor amarela a verde, com odor e sabor específicos.

A avaliação da cor ao longo do tempo de aquecimento mostrou que para o óleo de abacate a coloração amarela se manteve no máximo até o tempo de 4:30 h, indicando a presença de carotenoides, sendo estes responsáveis pela coloração de amarelo, laranja e vermelho de muitas frutas e hortaliças (RODRIGUEZ-AMAYA et al,2008). A partir de 6 h de aquecimento ocorreu pequena redução da cor amarela nesse óleo, sugerindo certa degradação destes compostos. Por outro lado, nos tempos de 4:30 e 6 h a cor vermelha aumentou em relação a 1:30 e 3:00 h. Possivelmente, a presença de compostos oxidados indicados pelo aumento de peróxidos produziram coloração avermelhada ao óleo.

Os valores para a coloração amarela no azeite de oliva foram inferiores em relação ao azeite sem aquecimento (controle), provavelmente em função de perdas de compostos ao longo do aquecimento, devido ao tempo e temperatura.

Avaliando as amostras ao longo do aquecimento, pode-se observar que o tempo de aquecimento influenciou significativamente na coloração amarela e vermelha do óleo de abacate, já o óleo de arroz e azeite de oliva não houve influência significativa (Figura 21 e 22).

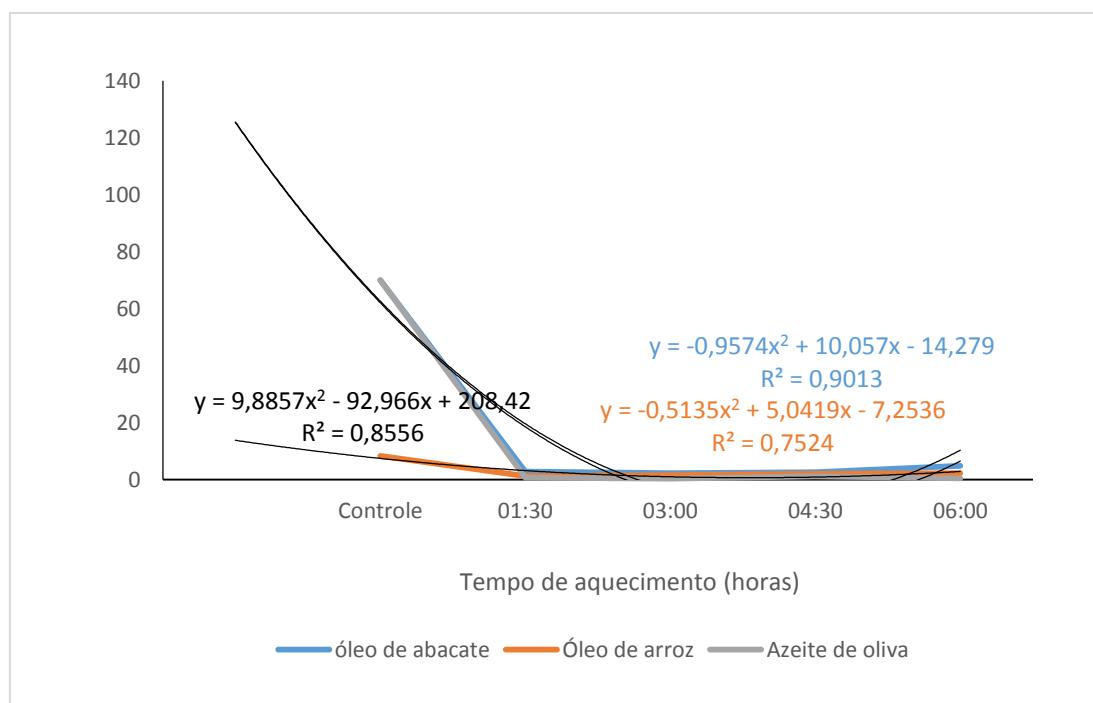
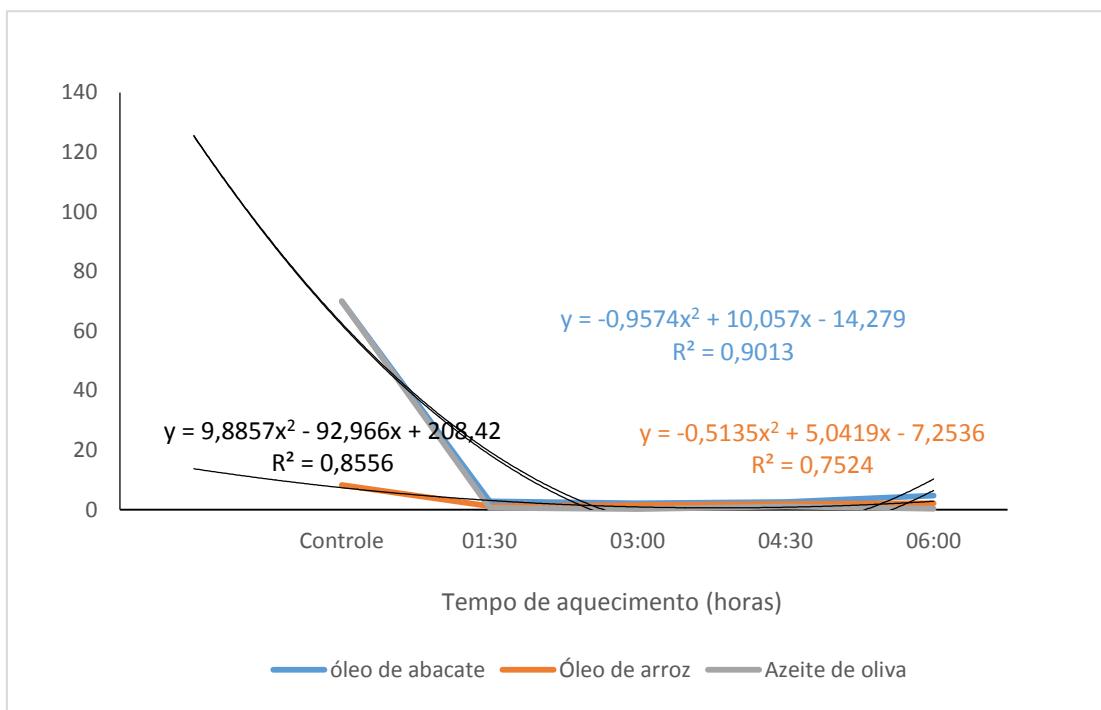


Figura 21 – Cor amarela dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em bloco digestor.



Em estudo realizado por Pauchar-Menacho (2007) com óleo de arroz em temperatura ambiente, mostrou-se que o óleo comercial (70,0Y/3,1R) possui maior intensidade de cor amarela em relação ao óleo obtido pelo refino físico (32,0Y/7,0R) sob condições brandas, que possui maior intensidade de cor vermelha. A retirada dos pigmentos dos óleos vegetais é mais uma questão de exigência dos consumidores, do que um requisito para sua boa qualidade. Os autores mencionaram também, que valores mais altos de leitura R (vermelho) e Y (amarelo) traduzem maiores concentrações de carotenoides. Bertanha et al (2008) diz que a variação da cor está diretamente relacionada ao estado de oxidação do óleo ou gordura - determinada pelo teor de compostos polares totais -, o que permite ter uma impressão rápida do nível de alteração da amostra. Contudo, é considerado por alguns autores como uma prova de campo limitada e subjetiva. Limitada porque testes colorimétricos sofrem interferência da cor, principalmente quando produtos pigmentados são fritos no óleo ou na gordura, ocorrendo a solubilização de pigmentos dos alimentos para

o óleo durante o processo de fritura. Subjetiva porque a avaliação da cor padrão de alteração pode mudar entre um observador e outro.

## 5.2 Dados das análises das amostras após aquecimento em micro-ondas

Os resultados das análises de qualidade em função do aquecimento realizado no micro-ondas do óleo de abacate, óleo de arroz e azeite de oliva estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os parâmetros de qualidade dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva

Amostra	Tempo (minutos)				
	0	3	6	9	12
Acidez (% ácido oleico)					
Óleo abacate	1,08±0,14a	9,45±0,08a	9,58±0,20a	11,28±0,00a	12,17±0,08 <sup>a</sup>
Óleo arroz	0,09±0,01b	4,79±0,01c	4,17±0,00b	4,28±0,10b	5,02±0,04c
Azeite oliva	0,19±0,01b	6,86±0,20b	6,29±0,05c	6,14±0,10c	6,35±0,12b
Índice de peróxido (mEq-g O <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	6,28±0,49b	14,63±0,18a	13,22±0,02a	12,44±0,38a	11,55±0,29 <sup>a</sup>
Óleo arroz	4,27±0,30c	4,44±1,08b	3,36±0,39b	3,35±0,59b	2,56±0,98b
Azeite oliva	8,50±0,30a	4,64±0,49b	5,23±0,09b	4,45±0,30b	4,25±0,09b
Índice de iodo (g de I <sub>2</sub> .100 g <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	89,07±0,15b	83,87±0,21b	81,07±1,34a	82,47±0,88b	75,21±0,96c
Óleo arroz	111,21±4,83a	88,75±1,57a	87,16±5,97a	93,08±0,78a	85,05±2,15 <sup>a</sup>
Azeite oliva	93,29±3,05b	81,44±1,20b	80,41±0,10a	84,29±1,18b	80,59±0,63b
Índice p-anisidina					
Óleo abacate	0,22±0,00c	0,84±0,03b	0,82±0,00b	0,81±0,05b	0,80±0,04b
Óleo arroz	0,55±0,00b	0,47±0,00c	0,45±0,02c	0,36±0,00c	0,36±0,02c
Azeite oliva	0,27±0,00a	1,12±0,01a	1,08±0,04a	1,11±0,02a	1,10±0,04 <sup>a</sup>
Índice de refração					
Óleo abacate	1,462±0,000	1,464±0,000	1,462±0,000	1,462±0,000	1,462±0,000
Óleo arroz	1,465±0,000	1,464±0,000	1,465±0,000	1,465±0,000	1,465±0,000
Azeite oliva	1,464±0,000	1,464±0,000	1,461±0,000	1,462±0,000	1,462±0,000
Condutividade (μS.cm <sup>-1</sup> )					
Óleo abacate	0,17±0,00	0,17±0,00	0,17±0,00	0,17±0,00	0,17±0,00
Óleo arroz	0,17±0,00	0,18±0,00	0,17±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00
Azeite oliva	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00	0,18±0,00

Extinção específica $K_{232}$					
Óleo abacate	2,19±0,03b	2,32±0,04a	2,29±0,02b	2,28±0,00b	2,27±0,00b
Óleo arroz	2,56±0,00a	2,37±0,00a	2,40±0,01a	2,43±0,00a	2,40±0,00a
Azeite oliva	2,21±0,03b	2,20±0,00b	2,21±0,02c	2,18±0,01c	2,18±0,00c
Extinção específica $K_{270}$					
Óleo abacate	0,17±0,01b	0,17±0,00b	0,18±0,00b	0,17±0,00b	0,17±0,00b
Óleo arroz	1,98±0,04a	1,99±0,01a	1,98±0,00a	1,96±0,00a	1,96±0,00a
Azeite oliva	0,16±0,01b	0,17±0,00b	0,17±0,00b	0,18±0,01b	0,17±0,01b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p\geq 0,05$ ).

### 5.2.1 Acidez

A acidez é um dos parâmetros de avaliação do estado de conservação do óleo, pois a decomposição por hidrólise, acelerada pelo aquecimento e a luz conduz a formação de ácidos graxos livres, que frequentemente são expressos em termos de índice de acidez, ou em massa percentual do componente ácido principal, geralmente o ácido oleico.

O índice de acidez é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar uma grama de ácidos graxos livres na amostra. Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titulações alcalimétricas com auxílio de indicador de mudança de cor (MORRETO; FETT, 1998; ZENEVON; PASCUET; TIGCEA, 2008;).

A determinação da acidez evidenciou que óleo de abacate apresenta teor significativamente maior de acidez ( $p\leq 0,05$ ) que os demais controles (sem aquecimento) (Tabela 4). Após 3 min de aquecimento, constatou-se que a acidez de todas as amostras aumentou expressivamente, sendo que o óleo de abacate manteve sempre teor significativamente maior de acidez, enquanto que o óleo de arroz mostrou sempre valor significativamente menor ( $p\leq 0,05$ ).

Quando avaliado ao longo do aquecimento observou-se que para o óleo de abacate houve aumento de acidez, até 12 min, provavelmente a elevação observada nos óleos se deva pelo binômio tempo-temperatura. A avaliação estatística evidenciou que as alterações foram significativas (Figura 23). Já nas demais amostras, não houve uma tendência de aumento progressivo neste parâmetro, sendo a avaliação estatística da estabilidade não significativa para o azeite de oliva e para óleo de arroz.

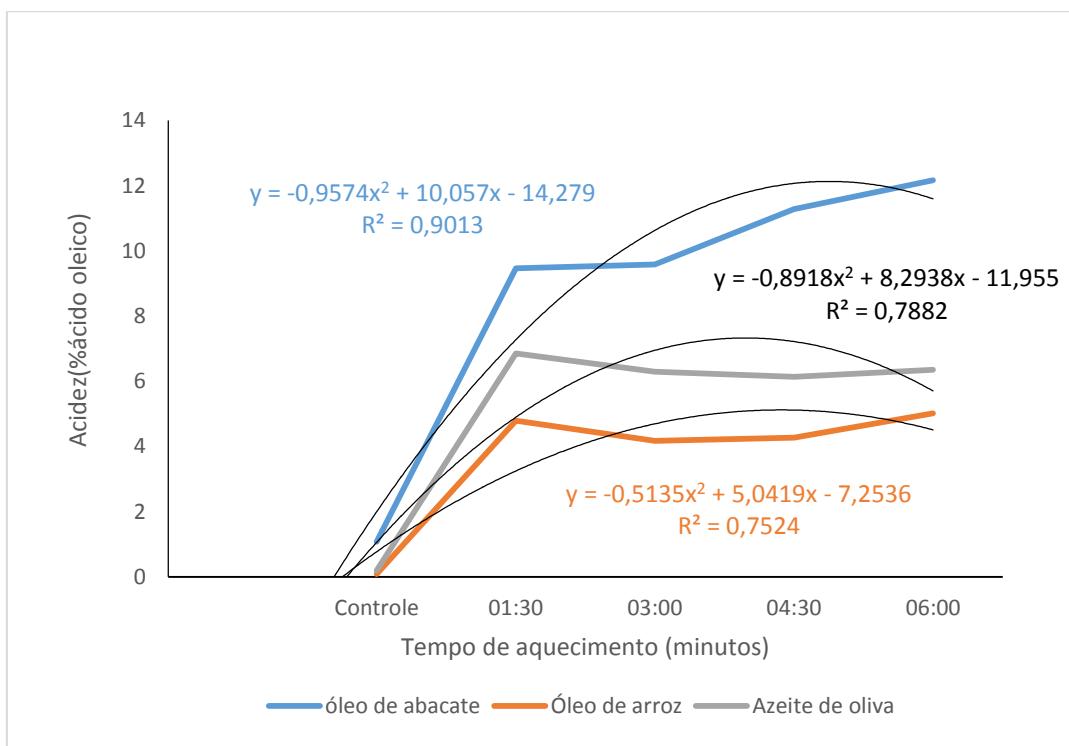


Figura 23 – Acidez (% de ácido oleico) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

Considerando esses valores, apenas as amostras sem aquecimento (controle) atendem a legislação. Após 3 min de aquecimento no micro-ondas todas as amostras mostraram acidez superior ao estabelecido pela legislação, que é de no máximo 0,8% para azeite de oliva extra virgem (BRASIL, 2012) e para óleo de arroz no máximo 0,3% (BRASIL, 1999).

Verificou-se que após o aquecimento de 12 min, o óleo de abacate teve um aumento de 12 vezes do valor inicial, o óleo de arroz em cerca de 56 vezes e o azeite de oliva cerca de 33 vezes. Assim, apesar de todas as amostras terem evidenciado aumento na acidez, no óleo de abacate, em relação à condição inicial, o aumento foi menor.

Segundo Oliveira (2001), o aumento da acidez ocorre quando há uma combinação de algumas variáveis, tais como: temperatura, presença de sabões no óleo e umidade.

Segundo a literatura, o aquecimento do azeite de oliva por micro-ondas provoca aumento na quantidade de ácidos graxos livres (COSSIGNANI et al., 1998; BRENES et al., 2002; CAPONIO; PASQUALONE; GOMES et al., 2002;

MALHEIRO et al., 2009). Cerretani et al. (2009) relataram um acentuado aumento no teor de acidez no azeite de oliva extra virgem após 12 min de aquecimento no micro-ondas em temperaturas maiores de 300 °C.

Um estudo comparando o comportamento dos óleos de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batatas demonstrou que, no oitavo período de fritura (40 min), o óleo de soja sofreu acréscimo brusco na acidez (0,33% de ácido oleico), sendo显著mente superior ao valor de acidez do óleo de arroz (0,14% de ácido oleico) (VERGANO et al., 2006).

Skrokki (1995) avaliou a qualidade dos óleos e gorduras de fritura, através do valor de acidez, ponto de fumaça, valor de Fritest, cor e aroma em 49 amostras coletadas em restaurantes e fast-foods da Finlândia, tendo observado que 16% das amostras estavam com a qualidade comprometida, com elevação do valor de acidez e coloração marrom escura.

### 5.2.2 Índice de peróxido

O I.P. determina o estado de oxidação do óleo, a rancificação e a deterioração que pode ter ocorrido nos ácidos graxos ou nos antioxidantes naturais, como os tocoferois e os polifenois (KOBORI; JORGE ,2005).

Em relação ao I.P., na amostra sem aquecimento, o azeite de oliva apresentou significativamente o maior conteúdo ( $p \leq 0,05$ ), em relação ao óleo de abacate e óleo de arroz. Após 3 min de aquecimento, o óleo de abacate mostrou elevação no I.P., e as demais amostras, redução, assim, o óleo de abacate evidenciou valor significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) que o azeite de oliva e óleo de arroz, mantendo este comportamento até o final do período de aquecimento. Entretanto, apesar da diferença significativa entre os valores em função do aquecimento (Tabela 5), todas as amostras apresentaram valores baixos para produtos de oxidação primária (peróxidos e hidroperóxidos). A legislação para azeite de oliva extra virgem estabelece para este parâmetro que o valor deva ser menor ou igual a 20,0 meq.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012), assim sendo, o azeite manteve boas características em relação ao conteúdo de compostos de oxidação primária. Para o óleo de abacate, não há dados definidos na legislação, porém, tomando-se como base os valores estabelecidos para o azeite de oliva, poderia ser considerado que este óleo permaneceu adequado em relação ao teor de peróxidos, mesmo após 12 min

de aquecimento a 180 °C. Já para os óleos refinados, caso do óleo de arroz, o valor pode ser no máximo 10,0 meq.O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (BRASIL, 1999), desta forma, percebeu-se que este óleo após 12 min de aquecimento a 180 °C também se manteve adequado. Provavelmente, a redução nos valores de I.P. observada para o azeite de abacate e óleo de arroz esteja relacionada à degradação dos produtos primários de oxidação nestas amostras pelo aquecimento no micro-ondas, seja por sua conversão em produtos secundários ou por volatilização.

Na avaliação dos produtos de oxidação primária ao longo do tempo aquecimento, verificou-se que em todas as amostras as alterações não foram significativas (Figura 24).

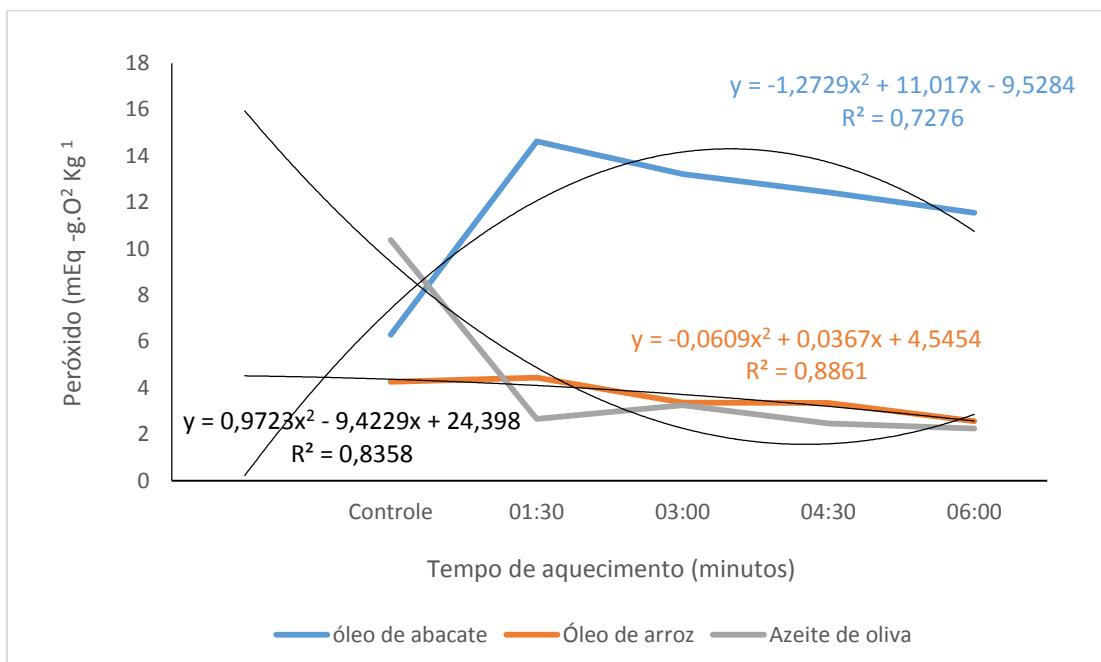


Figura 24 – Índice de peróxido (mEq -g.O<sup>2</sup> Kg<sup>-1</sup>) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

Ao final do aquecimento, no óleo de abacate, o teor de peróxido teve um aumento de cerca 83%, já no óleo de arroz houve redução de 40% e no azeite de oliva redução de 50%.

Alguns pesquisadores identificaram também que óleos de fritura apresentam comportamento instável durante o processo de fritura para o parâmetro I.P., e justificam que isso se deve, possivelmente, ao fato de que os peróxidos são substâncias que se decompõem rapidamente em produtos

secundários de oxidação nas temperaturas usuais destes processos; contudo, este parâmetro pode ser um indicativo de descarte de óleo quando atinge valores acima de 15 meq-g O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup> (JORGE et al., 2005; DEL RÈ; JORGE, 2007;).

Damy e Jorge (2003) identificaram que os valores para o I.P., em diferentes tempos de fritura com óleo de soja refinado, na temperatura de 170 °C, apresentaram comportamento instável, provavelmente, em função da formação de outros compostos; no entanto, quando a temperatura foi de 180 °C, os dados obtidos não diferiram estatisticamente entre si. Além disso, observaram que os valores para este parâmetro para o óleo de soja foram superiores aos recomendados pela legislação (10 meq-g O<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>).

### **5.2.3 Índice de iodo**

O I.I. é uma medida do grau de instauração dos ácidos graxos presentes nos óleos e gorduras. Este parâmetro possibilita a identificação de adulterações grosseiras em diversos tipos de óleos, por permitir uma estimativa de sua composição e origem (MORETO; FETT, 1998).

Nos dados de I.I., observaram-se valores significativamente maiores ( $p \leq 0,05$ ), para o óleo de arroz, o que já era esperado, pois este óleo tem como majoritário um ácido graxo dissaturados (linoleico), enquanto que o óleo de abacate e o azeite de oliva têm maior abundância de um ácido graxo monoinsaturado (oleico) (SUGANO et al., 1997; SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2015).

A similaridade na composição se refletiu nos dados de I.I, em que não se observaram diferenças significativas entre o óleo de abacate e o azeite de oliva, exceto após 12 min de aquecimento no micro-ondas.

A legislação para azeite de oliva extra virgem estabelece para o I.I. valores entre de 75 a 94 I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). Já para o óleo de arroz, o valor estabelecido é de 99-108 I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 1999). Considerando os valores obtidos (Tabela 4), para o óleo de abacate e o azeite de oliva todos os resultados estão dentro do que preconiza a legislação, no entanto para o óleo de arroz, especialmente após o aquecimento no micro-ondas os valores

ficaram abaixo do mínimo indicado, demonstrando que houve expressiva perda de insaturações em função do aquecimento.

A avaliação do I.I. ao longo do tempo de aquecimento mostrou que as alterações não foram significativas em qualquer das amostras lipídicas durante o tempo de aquecimento no micro-ondas (Figura 25).

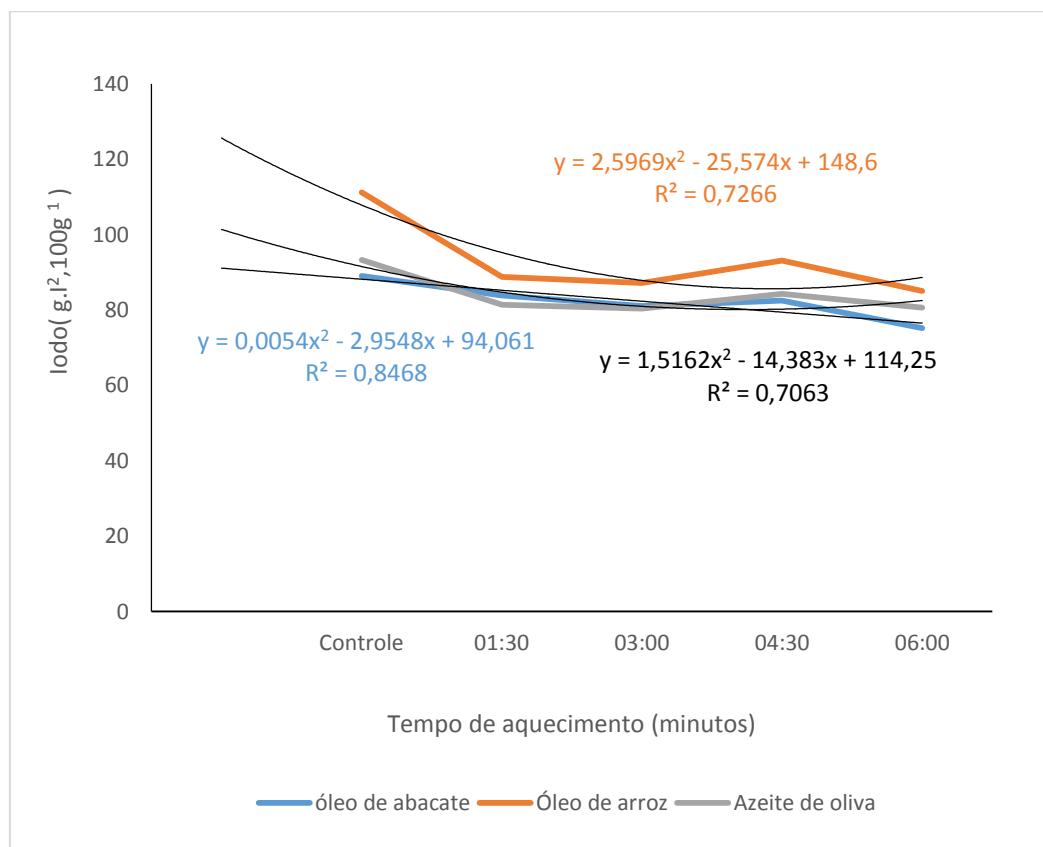


Figura 25 – Índice de iodo ( $\text{g.I}^2,100\text{g}^{-1}$ ) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a  $180\text{ }^\circ\text{C}$  em micro-ondas.

O óleo de abacate foi o que mostrou maior variação numérica no I.I. ao longo do aquecimento (inicial 89,07 e final 75,21  $\text{g I}^2,100\text{g}^{-1}$ ), enquanto que o óleo de arroz mostrou uma menor variação (inicial 111,21 e final 85,05  $\text{g I}^2,100\text{g}^{-1}$ ), no azeite de oliva as alterações se aproximaram das ocorridas do óleo de arroz (inicial 93,29 e final 80,59  $\text{g I}^2,100\text{g}^{-1}$ ).

Os resultados para o I.I. (Figura 23) estão expressos em massa de iodo absorvida por 100 gramas de amostra de óleo. É possível observar que, apesar de não ser significativa a variação, observa-se uma leve tendência decrescente, porque o iodo faz uma reação de halogenação com as

insaturações das moléculas de óleo, isso é, dois iodos irão se ligar em cada dupla ligação dos ácidos graxos (MORETTO; FETT, 1998). Com o aumento da quantidade de aquecimentos sofridos pelas amostras, as duplas ligações se rompem e elas absorvem menos iodo, isso explica, portanto, uma pequena tendência decrescente do gráfico, e evidencia a deterioração causada no óleo pelo aquecimento sucessivo.

#### 5.2.4 Índice de p-anisidina

Observam-se diferenças significativas entre todas as amostras em qualquer dos tempos de aquecimento, sendo que o azeite de oliva mostrou sempre valores significativamente maiores que os demais ( $p \leq 0,05$ ). Entre os controles, o óleo de abacate apresentou valor significativamente menor para o I.p-a., mas a partir de 3 min até o final do aquecimento, encontrou-se menores valores para o óleo de arroz.

Quando os produtos foram avaliados ao longo do aquecimento, constatou-se que o óleo de arroz foi o único com redução significativa do I.p-a. (Figura 26).

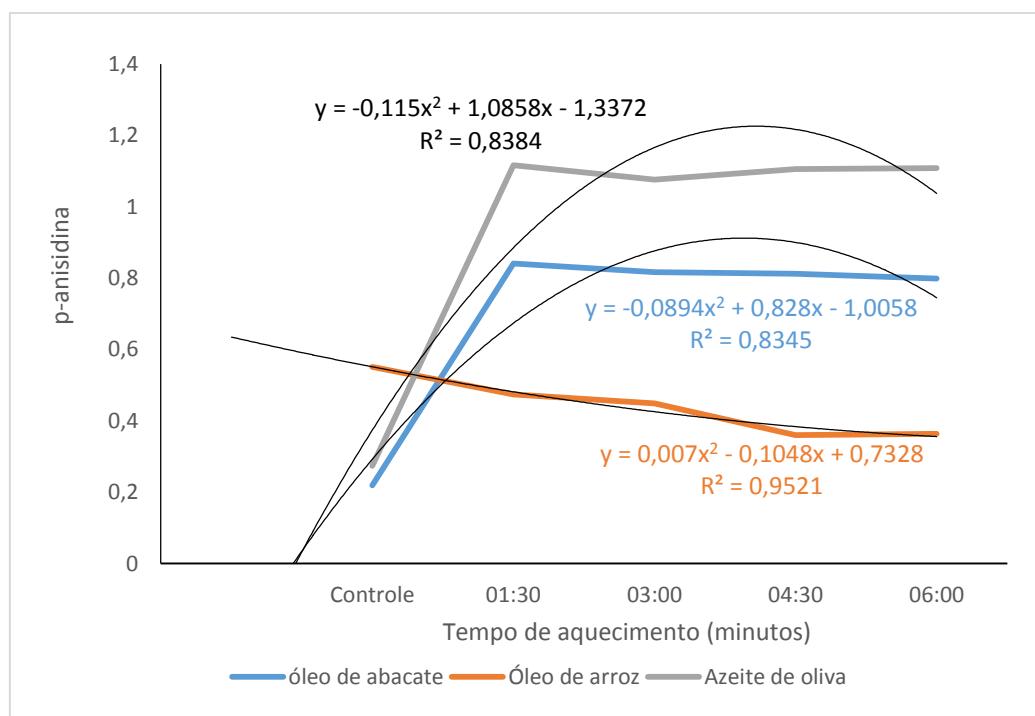


Figura 26 – P-anisidina dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

Para este parâmetro não há limites estabelecidos pela legislação, entretanto, considera-se valores inferiores a 10 indicam que a amostra lipídica não apresenta teor expressivo de compostos secundários de oxidação (SILVA, 1999). Assim sendo, todas as amostras apresentaram reduzidos teores de produtos secundários de oxidação, mesmo após 12 min de aquecimento em micro-ondas.

### 5.3.5 Índice de refração

O índice de refração de uma substância é relação entre a velocidade da luz na substância testada e a velocidade da luz no vácuo (CECCHI, 2003). Os valores do I.R. são intrínsecos para cada tipo de óleo, devido ao número de insaturações que este apresenta, porém quando o óleo sofre deterioração, comumente pela formação de ácidos graxos livres ou compostos de oxidação, seu I.R. é afetado (ZENEVON, 2008).

Nos dados de I.R. mostrados na Tabela 5, não houve variação entre as replicatas para mesma amostra, portanto, não indicando a aplicação de teste de médias. Verificou-se que entre as amostras controle, o óleo de arroz mostrou maior valor, considerando que este óleo contém maiores teores de ácidos graxos insaturados que o de abacate e o azeite de oliva, este resultado pode ser considerado adequado (JORGE et al., 2005). Após 6 min de aquecimento no micro-ondas, constatou-se certa redução no I.R. para o azeite de oliva e óleo de abacate, já o óleo de arroz pode-se considerar que houve manutenção para este parâmetro.

Na avaliação do I.R. ao longo do tempo de aquecimento, detectou-se alteração significativa apenas no óleo de abacate, ainda que não tenha ocorrido numericamente uma alteração expressiva dos valores (Figura 27). Nas demais amostras, houve dispersão dos dados, não mostrando uma tendência.

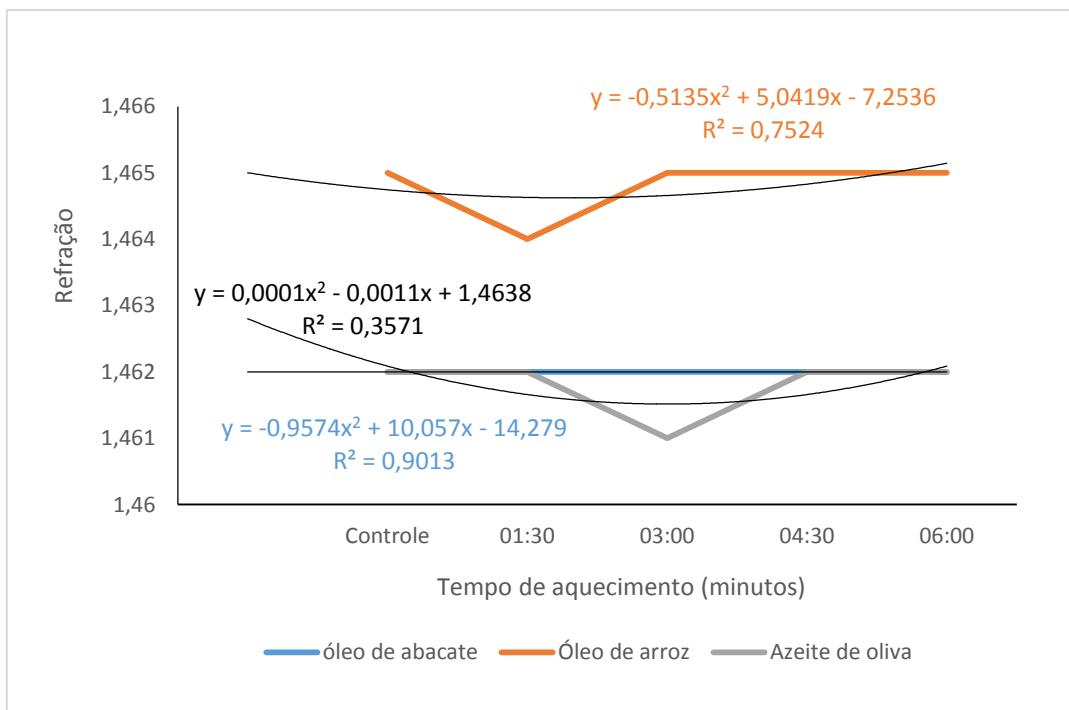


Figura 27 – Índice de refração dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

A legislação brasileira preconiza para o azeite de oliva extra virgem valores entre 1,4677 e 1,4705 (BRASIL, 2012) e para o óleo de arroz entre 1,465 e 1,468 (BRASIL, 1999). Com base nestes valores, somente o óleo de arroz esteve dentro do preconizado, enquanto o azeite de oliva, independentemente do aquecimento e do tempo, ficou ligeiramente abaixo da faixa recomendada.

Marques (2015) avaliou azeites de oliva e verificou que antes do aquecimento os índices de refração encontram-se em conformidade com a legislação, entretanto, após o processamento nas temperaturas 60 °C e 100 °C as amostras exibiram um aumento neste parâmetro.

### 5.2.6 Condutividade elétrica

Assim como ocorreu nos dados de I.R. as medidas de condutividade elétrica também não mostraram variação para as replicatas, e considerando a baixa permissividade (alta resistência) dos óleos vegetais (MENDONÇA, 2005), praticamente não se observaram diferenças nos valores destas medidas para qualquer das amostras, em função do aquecimento (Tabela 4). Também como

observado para o aquecimento em bloco digestor, ao analisar os dados dos I.P. e I.p-a pode-se inferir que não houve a produção expressiva de compostos resultantes de oxidação primária e secundária que permitissem a elevação da condutividade elétrica dos produtos avaliados.

### **5.2.7 Coeficiente de Extinção Específica $K_{232}$ e $K_{270}$**

O exame na faixa do ultravioleta pode fornecer informações sobre a qualidade de um óleo, ou substância graxa, seu estado de conservação e alterações causadas pelo seu processamento, sendo útil na avaliação de identidade e qualidade de produtos lipídicos. O coeficiente de extinção determinado a 232 nm ( $K_{232}$ ) é relacionado com a oxidação primária, devido à conjugação de ácidos graxos poli-insaturados. Enquanto, que o coeficiente a 270 nm ( $K_{270}$ ) indica formação de compostos carbonílicos, estando relacionado com os produtos secundários de oxidação (OETTERER et al., 2006).

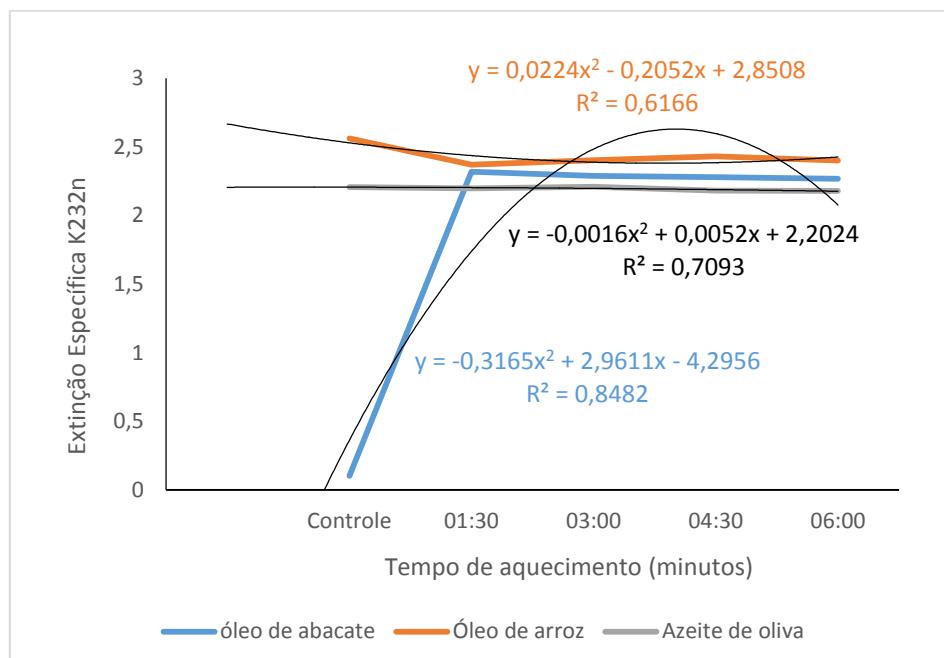
Os resultados apresentados (Tabela 5) mostraram que de forma geral, em ambos os comprimentos de onda, o óleo de arroz obteve significativamente os maiores valores ( $p \leq 0,05$ ). Em relação ao  $K_{232}$ , após o aquecimento no micro-ondas, o azeite de oliva apresentou valores significativamente menores que os demais ( $p \leq 0,05$ ), porém, para o  $K_{270}$ , o azeite de oliva e o óleo de abacate não diferiram significativamente ( $p \geq 0,05$ ).

Observando os resultados do coeficiente de extinção específica, comparativamente com a legislação estabelecida para azeite de oliva extra-virgem, verificou-se que em  $K_{232}$ , excetuando-se o óleo de arroz controle, todas as demais amostras, mesmo após 12 min de aquecimento no micro-ondas, ficaram dentro do que estabelece a legislação vigente (valor menor ou igual a 2,50). Já em  $K_{270}$ , o óleo de arroz, em qualquer dos tempos de aquecimento, ficou acima do que a legislação preconiza (valor menor ou igual 0,22), o óleo de abacate e o azeite de oliva, mantiveram-se dentro do que a legislação permite para o azeite de oliva extra-virgem (BRASIL, 2012).

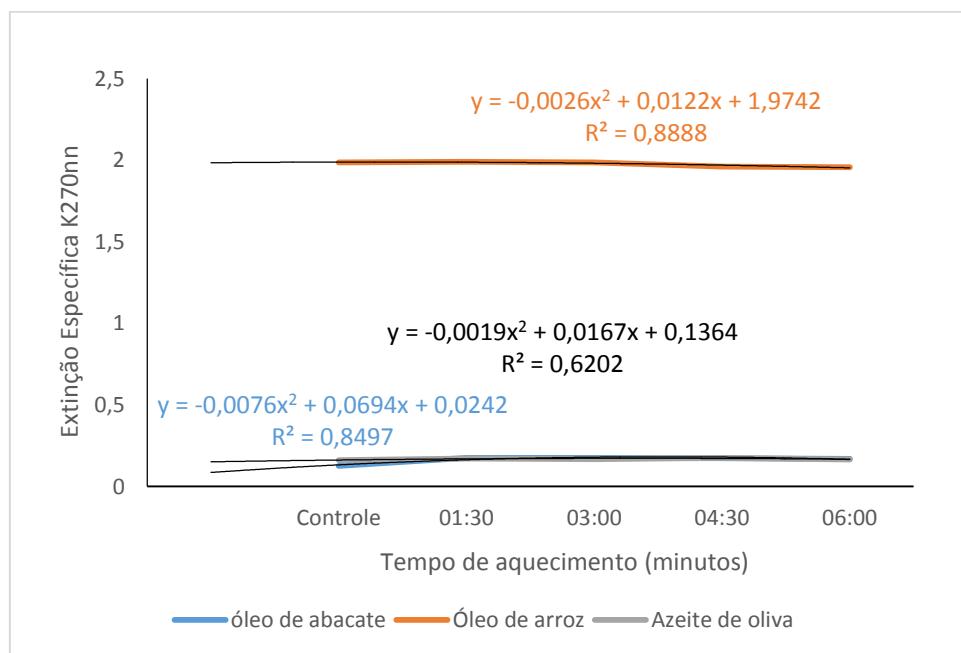
Na avaliação de cada amostra ao longo do tempo de aquecimento, em qualquer dos comprimentos de onda, não se observou alteração significativa (Figuras 28 e 29).

Observou-se que em  $K_{232}$ , após 12 min de aquecimento, mesmo que não significativo, houve certo aumento no óleo de abacate, enquanto que no óleo

de arroz e azeite de oliva, redução. Já em  $K_{270}$  houve pequenas oscilações, entretanto, no geral os resultados se mantiveram estáveis, não mostrando influência do tempo de aquecimento.



**Figura 28 – Extinção específica  $K_{232}$  dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.**



**Figura 29 – Extinção específica  $K_{270}$  dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.**

**Tabela 6 –** Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os compostos bioativos e atividade antioxidante dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva

Amostras	Clorofilas ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )				
	0	3	6	9	12
Óleo abacate	10,44±0,11a	4,12±0,13a	3,99±0,01a	3,42±0,59a	3,34±0,07 <sup>a</sup>
Óleo arroz	0,04±0,05c	ND	ND	ND	ND
Azeite oliva	1,06±0,00b	1,03±0,03b	0,60±0,01b	0,68±0,01b	0,71±0,09b
Carotenoides ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de $\beta$ -caroteno)					
Óleo abacate	20,25±0,08a	10,45±0,20a	10,64±0,26a	10,21±0,19a	10,48±0,47 <sup>a</sup>
Óleo arroz	1,51±0,02c	2,12±0,01b	2,33±0,01b	2,34±0,01b	2,39±0,01b
Azeite oliva	1,75±0,04b	1,45±0,37c	1,37±0,34c	1,47±0,37c	1,55±0,38b
Capacidade antioxidante -ABTS (% de inibição)					
Óleo abacate	4,10±0,00b	1,40±0,00a	2,80±0,00a	2,17±0,00a	1,30±0,00b
Óleo arroz	4,20±0,00a	1,50±0,00a	1,30±0,00a	1,00±0,00a	1,70±0,00a
Azeite oliva	4,13±0,00ab	4,00±0,00a	2,43±0,00a	2,38±1,32a	2,13±0,00b
Compostos fenólicos ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de ácido gálico)					
Óleo abacate	148,79±0,36b	137,45±22,81b	119,76±1,70b	127,99±6,64b	156,90±1,28b
Óleo arroz	120,13±0,12c	116,59±1,46b	120,98±0,24b	123,05±0,12b	127,81±0,49b
Azeite oliva	166,41±0,18a	212,57±3,48a	167,20±6,70a	181,71±14,39a	202,81±0,85 <sup>a</sup>

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p\geq 0,05$ ).

### 5.1.8 – Pigmentos: Clorofilas e Carotenoides

Os pigmentos presentes nos óleos desempenham um papel importante, não apenas na aparência, proporcionalmente sua cor característica, mas também influenciando a estabilidade oxidativa. Por ser um foto sensibilizador, a clorofila pode participar da fotoxidação e ocasionar a degradação do óleo se exposto a luz e oxigênio (CRIZEL-CARDOZO, 2014; TORRECILLA et al, 2015).

Observaram-se diferenças significativas entre as amostras em todos os tempos de avaliação, tanto para clorofilas quanto para carotenoides, tendo o óleo de abacate apresentado valores significativamente maiores ( $p\leq 0,05$ ) para ambos os pigmentos, em qualquer dos períodos de análise (Tabela 6).

O óleo de arroz mostrou menor conteúdo de clorofilas que o azeite de oliva, sendo que após 3 min de aquecimento, não se detectou mais a presença deste pigmento no óleo de arroz. Entretanto, em relação aos carotenoides, verificou-se o contrário, sendo o teor maior no óleo de arroz (a partir de 3 min

de aquecimento), com manutenção da vantagem sobre o de oliva, mesmo após 12 min de aquecimento em micro-ondas.

Ao avaliar ao longo do tempo de aquecimento, verificou-se que o óleo de abacate teve uma perda de cerca 68% de clorofilas, após 12 min de aquecimento a 180 °C. Enquanto que no azeite de oliva, essa perda ficou em torno de 33%. Para o óleo de arroz, o conteúdo deste pigmento, que inicialmente era muito pequeno (controle), ficou indetectável, já a partir de 3 min de aquecimento.

A avaliação estatística não indicou alteração significativa de clorofilas ao longo do aquecimento para qualquer das amostras (Figura 30).

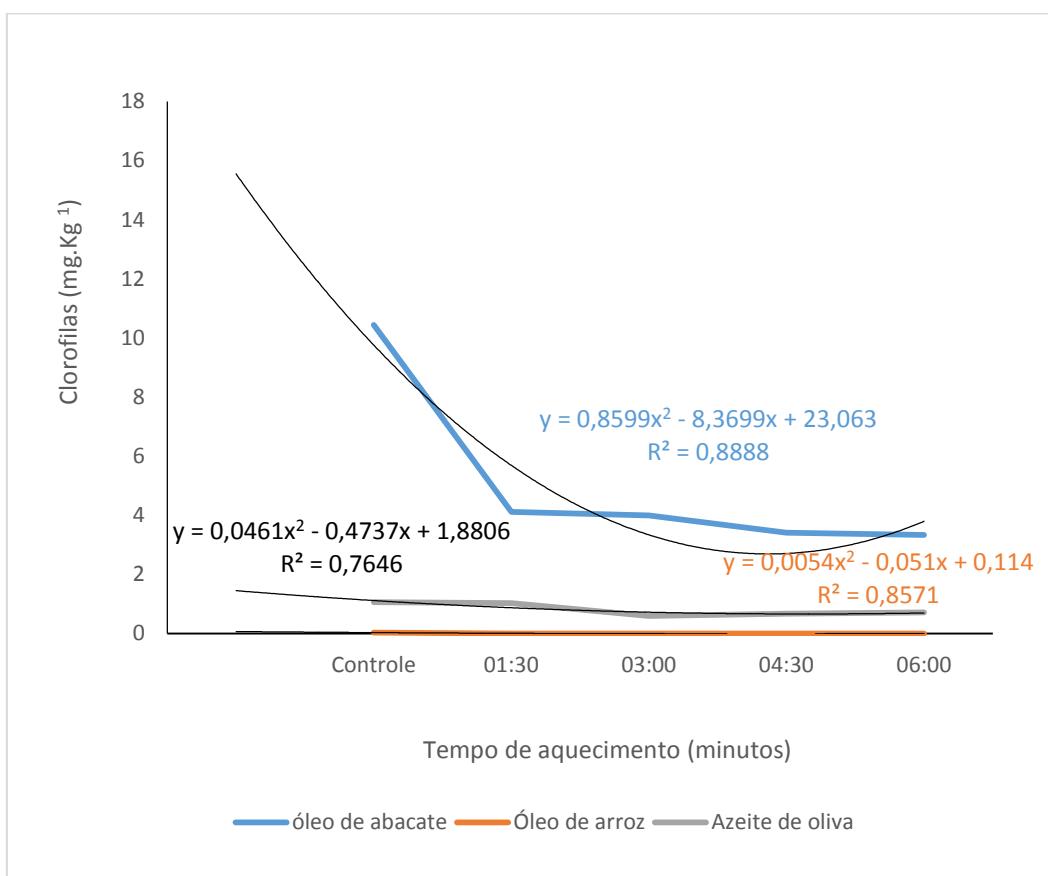


Figura 30 – Clorofilas ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

Quanto aos carotenoides, as perdas para o óleo de abacate foram de, aproximadamente, 52%, já após 3 min de aquecimento no micro-ondas e, após esse tempo, até os 12 min de aquecimento, houve certa manutenção nos valores. Já para o azeite de oliva, detectou-se perdas de cerca de 11% após 12

min de aquecimento, para o óleo de arroz, foi observado certo aumento (36,82%) nos teores, que podem estar associados a erros analíticos, considerando os pequenos valores das determinações.

Na avaliação de carotenoides, ao longo do tempo de aquecimento, se detectou alteração significativa somente para óleo de arroz e oliva (Figura 31).

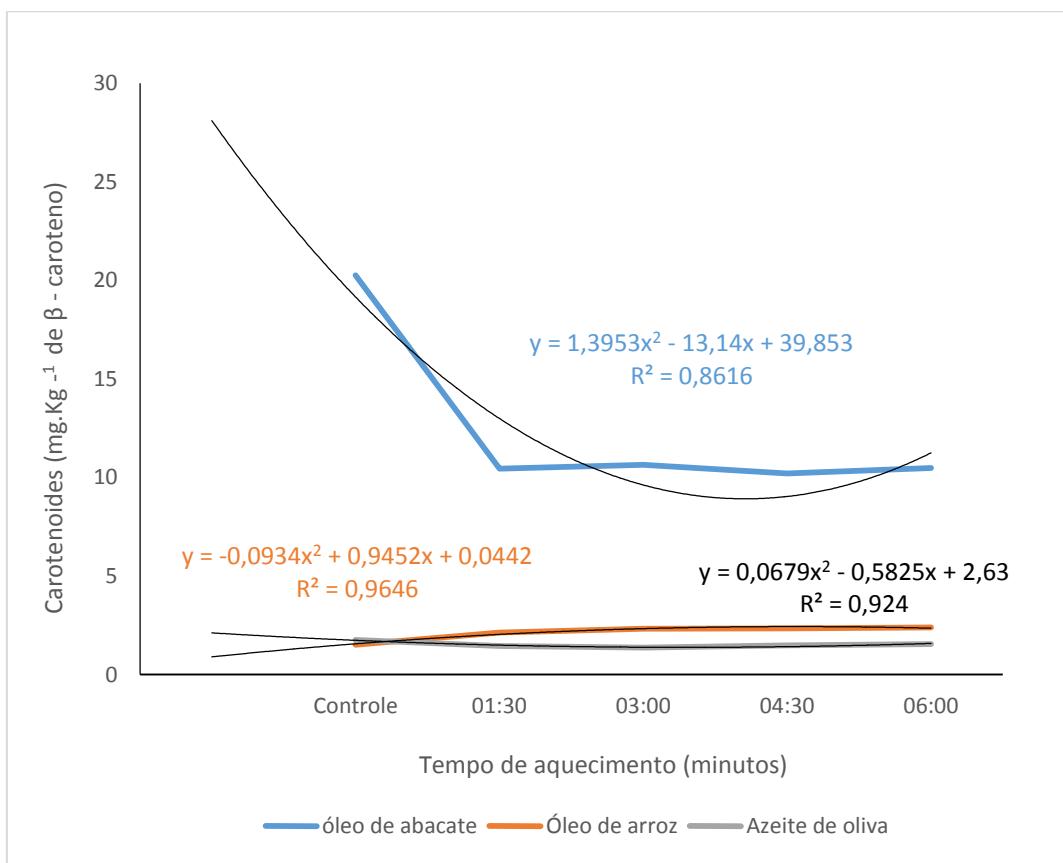


Figura 31 – Carotenoides ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  em micro-ondas.

Mesmo mostrando expressivos percentuais de perdas de ambos os pigmentos, o óleo de abacate após 12 min de aquecimento, ainda manteve um elevado conteúdo de carotenoides e de clorofilas, sendo cerca de 5 vezes superiores aos encontrados no azeite de oliva, transcorrido o mesmo tempo de aquecimento.

### 5.1.9 Capacidade antioxidante - ABTS

Os óleos apresentam em sua composição compostos aos quais são atribuídos efeitos benéficos à saúde dos consumidores, entre eles, os ácidos graxos ácido oleico, linoleico e linolênico, além de pigmentos e compostos fenólicos, que apresentam capacidade antioxidante (BECCARIA et al., 2016). Dentre estes benefícios, destacam-se o combate a alguns tipos de câncer, envelhecimento, ao mau colesterol e doenças cardíacas (SERVILI et al., 2014; CASABURI et al., 2013).

Soong e Barlow (2004), ao analisarem a atividade antioxidante da polpa e semente de abacate, jaca, longan, manga e tamarindo pela metodologia do ABTS, verificaram que as sementes apresentaram maior atividade antioxidante quando comparadas à polpa. Para os frutos de abacate, encontraram atividades antioxidantes similares para semente e polpa ( $725,0 \mu\text{mol.TEAC.g}^{-1}$  e  $13 \mu\text{mol.TEAC.g}^{-1}$ ), os quais poderiam ser aproveitados devido ao grande potencial antioxidante.

Observou-se que em relação a capacidade antioxidante, antes do aquecimento (controle), o óleo de arroz e o azeite de oliva não diferiram significativamente ( $p \geq 0,05$ ), mostrando maiores valores ( $p \leq 0,05$ ) que o óleo de abacate. Após 3 min de aquecimento, houve perda da capacidade antioxidante das amostras de óleo de arroz e de abacate, enquanto que no azeite de oliva somente houve a intensificação da perda após 6 min de aquecimento. Com a continuidade do aquecimento foram observadas variações, entretanto, no geral o azeite de oliva mostrou maiores valores e o óleo de arroz menores.

Avaliando-se a capacidade antioxidante das amostras ao longo do aquecimento, verificou-se que somente o óleo de arroz apresentou alteração significativa (Figura 32).

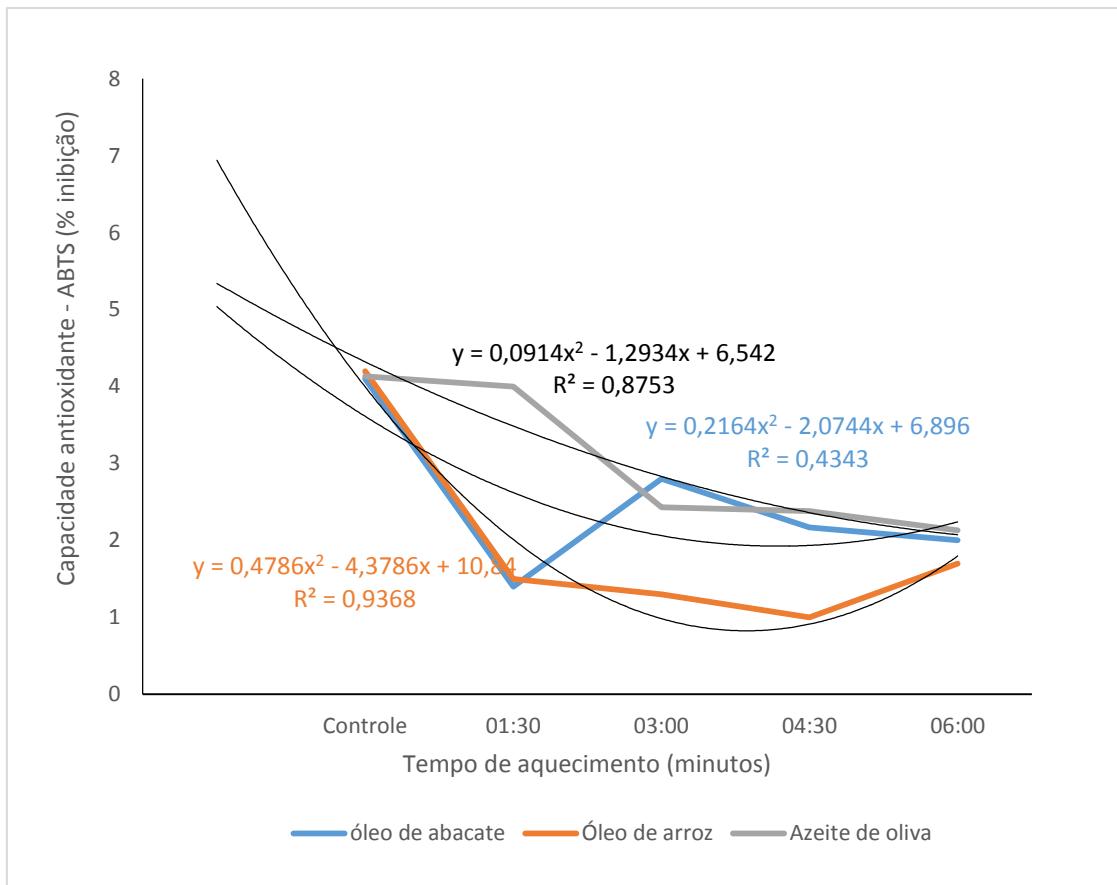


Figura 32 – Capacidade antioxidante (% de inibição) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

As perdas observadas na capacidade antioxidante, em função do aquecimento, foram de cerca de 59% para o óleo de arroz, de aproximadamente 68% para o óleo de abacate e em torno de 48% para o azeite de oliva.

### 5.1.10 Compostos fenólicos

Segundo Gabbo-Neto e Lopes (2007), existem vários fatores que podem interferir no conteúdo de metabólicos secundários nas plantas, dos quais os compostos fenólicos fazem parte. Dentre eles, estão a sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, adição de nutrientes, poluição atmosférica, danos mecânicos e ataque de patógenos. Também se destacam as diferenças nas condições agronômicas e ambientais, que podem afetar o conteúdo de fenólicos presentes, além de informação genética

(variedade) que também afeta diretamente na quantidade de tais compostos (LLORACH et al., 2008).

Teores discrepantes do conteúdo de compostos fenólicos de azeite de oliva têm sido relatados na literatura (de 5 a 1000 mg.kg<sup>-1</sup>) mas, os valores são geralmente entre 100 e 300 mg.kg<sup>-1</sup>. Sendo a cultivar, o sistema de extração, as condições de processamento, embalagem, distribuição e armazenamento são fatores críticos que podem afetar o conteúdo final de compostos fenólicos no azeite (TSIMIDOU, 1998).

A avaliação comparativa das amostras, quanto ao conteúdo de compostos fenólicos, evidenciou que o azeite de oliva apresentou significativamente os maiores valores ( $p \leq 0,05$ ), tanto no controle como após o aquecimento nos diferentes tempos, sendo de um modo geral, seguido pelo óleo de abacate (Tabela 4).

Avaliando-se cada amostra ao longo do aquecimento, não se observaram alterações significativas do óleo de abacate e azeite de oliva, já para o óleo de arroz a alteração no conteúdo de compostos fenólicos foi significativa, entretanto, cabe destacar que houve tendência de aumento e não de redução. Tal fato pode ser consequência de perda de outros compostos que contribuem para o aumento proporcional dos fenólicos ou ainda por pequenos desvios nos resultados, associados ao erro da técnica analítica (Figura 33).

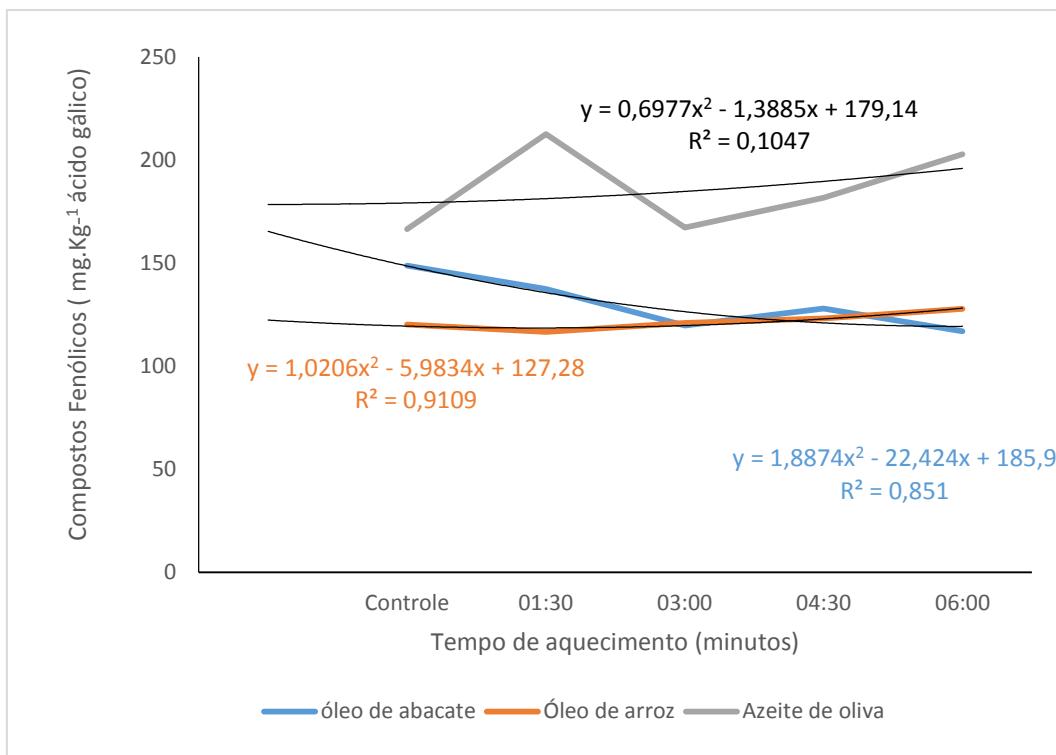


Figura 33 – Compostos fenólicos (mg.kg<sup>-1</sup> ácido gálico) dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

De um modo geral houve certas alterações, as quais, como mencionado acima, podem estar associadas ao erro experimental da técnica, entretanto, pode-se considerar que houve boa manutenção do conteúdo destes compostos nos óleos, mesmo após 12 min de aquecimento no micro-ondas a 180 °C.

Cerretani et al. (2009) relataram perdas maiores que 40% em 6 minutos de aquecimento no micro-ondas do azeite de oliva, após 15 minutos de aquecimento os mesmos autores observaram perdas de 100% no conteúdo de compostos fenólicos. Em contrapartida, as diferentes temperaturas atingidas, poderiam conduzir a uma diversificada disponibilidade de oxigênio, afetando assim a oxidação lipídica de um modo diferente, devido à ação de antioxidantes como os compostos fenólicos.

### 5.1.11 Análises de cor

Os resultados das análises de cor em função do tempo de aquecimento no micro-ondas do óleo de abacate, óleo de arroz e azeite de oliva estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Efeito do aquecimento em micro-ondas sobre os parâmetros de cor dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva**

Amostras	Escala Lovibond - Cor amarela				
	0	3	6	9	12
Óleo abacate	70,0±0,0	24,0±0,0	23,0±0,0	22,0±0,0	36,0±0,0
Óleo arroz	8,3±0,0	12,0±0,0	12,0±0,0	12,0±0,0	12,0±0,0
Azeite oliva	70,0±0,0	4,5±0,0	3,9±0,0	4,2±0,0	4,1±0,0
Escala Lovibond - Cor vermelha					
Óleo abacate	70,0±0,0	2,8 ±0,1a	2,2±0,0ab	2,6±0,0a	4,8±0,4 <sup>a</sup>
Óleo arroz	8,3±0,0	1,2±0,0b	1,6±0,0b	2,0±0,1b	2,2±0,1b
Azeite oliva	70,0±0,0	0,7±0,2c	0,3±0,0c	1,1±0,0c	0,4±0,0c

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $p\geq 0,05$ ).

Observaram-se diferenças entre as amostras em relação às cores amarela e vermelha, sendo que nos controles, o óleo de abacate teve resultado igual ao de oliva, enquanto que o óleo de arroz, foi bastante inferior. Após 3 min até o final do tempo de aquecimento, tanto para a cor amarela como para a vermelha, o óleo de abacate mostrou maiores valores, seguido do óleo de arroz. Considerando os valores iniciais, acredita-se que o óleo de abacate manteve melhor a coloração em função de maior presença dos carotenoides, corroborando os dados da determinação deste pigmento, enquanto que para o óleo de arroz, especialmente o aumento do amarelo, possa estar associado à presença de produtos de decomposição.

Na análise de cor do óleo de abacate ao longo do aquecimento por micro-ondas, observou-se que houve uma redução da coloração amarela após 3 min, com certa manutenção até os 9 min, indicando uma provável perda de carotenoides. Entretanto, após 12 min houve aumento de cor amarela, possivelmente em função da formação de compostos de degradação dos triacilglicerois, que tenham contribuído para alteração de cor do óleo. No azeite de oliva, ao longo do aquecimento, observou-se também a redução da cor amarela após 3 min, porém com certa manutenção dos valores até 12 min. Já para a amostra de óleo de arroz, quanto à coloração amarela, verificou-se aumento no valor após o aquecimento por 3 min, com manutenção até os 12

min. Considerando que o conteúdo de carotenoides neste óleo é o menor dos avaliados, provavelmente, este não tenha influenciado na cor, e o aumento no valor do amarelo tenha se dado em função da formação de compostos de degradação dos triacilglicerois.

Para a cor vermelha, observou-se uma drástica redução para todas as amostras após 3 min de aquecimento, indicando perda quase total dos carotenoides associados a esta coloração.

Na análise de cor das amostras ao longo do aquecimento, o tempo de aquecimento influenciou significativamente na coloração do óleo de abacate, tanto para cor amarela como para vermelha, já para os óleo de arroz e azeite de oliva não se observou influência significativa (Figura 34 e 35).

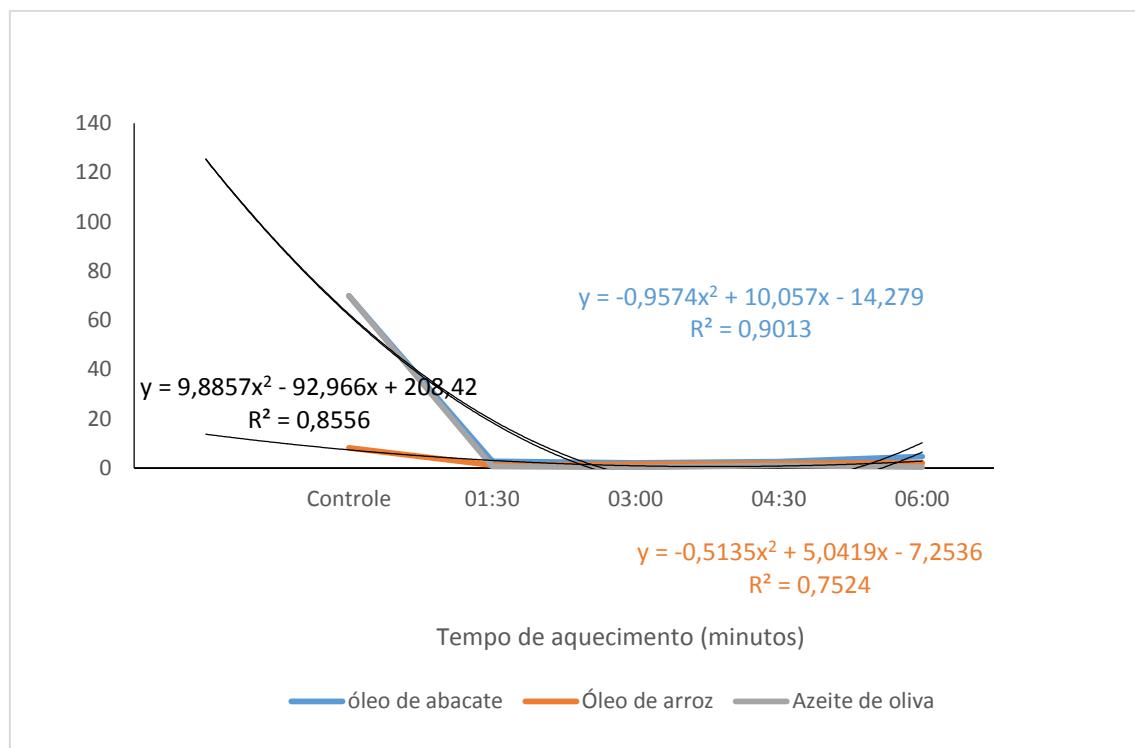


Figura 34 – Cor amarela dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

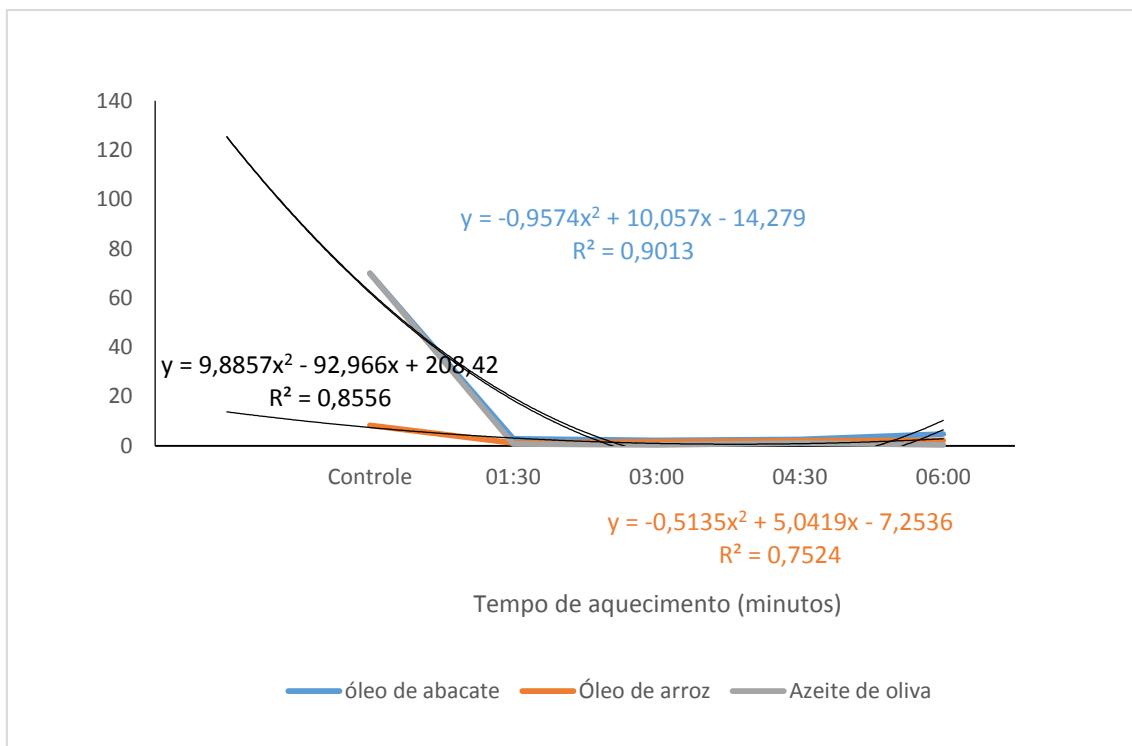


Figura 35 – Cor vermelha dos óleos de abacate, arroz e azeite de oliva ao longo do tempo de aquecimento a 180 °C em micro-ondas.

## **6 Comparação entre os tipos de aquecimento: bloco digestor x micro-ondas**

### **6.1 Acidez**

A acidez foi mais elevada em todas as amostras submetidas ao aquecimento no micro-ondas à 180 °C. Podemos visualizar no óleo de abacate após 1:30 h de aquecimento no bloco um aumento de 70%, já o mesmo óleo submetido a 3 min de aquecimento no micro-ondas, a acidez elevou 3 vezes mais, do que em bloco digestor. No óleo de arroz após 1:30 h de aquecimento houve um aumento 96% já no micro-ondas, foi para 5 vezes. No final do aquecimento no bloco, o óleo de arroz de 0,081 passou para 3,225, já em micro-ondas foi de 0,081 para 5,020. No caso do azeite de oliva no bloco digestor teve um aumento de 2 vezes, até atingir 6:00 h, no micro-ondas elevou-se em 5 vezes.

### **6.2 Índice de Peróxido**

Para o I.P. houve maior elevação no óleo de abacate aquecido no micro-ondas (aumentou 28%). Já para o óleo de arroz e o azeite de oliva este valores foram maiores no aquecimento em bloco digestor. No óleo de abacate no bloco digestor ao atingir 6:00 h, foi um aumento de 5 vezes, no micro-ondas até 12 min este aumento foi de até 2 vezes. No óleo de arroz, ao final do aquecimento, o valor foi cerca de 4 vezes maior no bloco em relação ao micro-ondas. No azeite de oliva houve redução dos peróxidos com o aquecimento no bloco digestor, (diminuiu 13%), enquanto que no micro-ondas a redução foi de 79%, possivelmente o aquecimento produziu volatilização dos produtos de oxidação, sendo o processo intensificado no micro-ondas.

### **6.3 Índice de Iodo**

Em relação ao I.I., os óleos de abacate e arroz, ao final do aquecimento no bloco digestor, tiveram maior redução (15,57% e 23%, respectivamente), em relação ao micro-ondas (1% e 18%, respectivamente). Já o azeite de oliva, ao final do aquecimento, mostrou redução para o aquecimento no micro-ondas

(14%). A redução dos valores de I.I. indica perda das duplas ligações, provavelmente, em função das reações oxidativas.

#### **6.4 Índice de p-anisidina**

Em relação ao I.p-a., as amostras de óleo de abacate e azeite de oliva tiveram uma redução ao longo do aquecimento em bloco digestor (32% e 44% respectivamente), o óleo de arroz ao longo do aquecimento teve um aumento de 43%.

No tratamento realizado em micro-ondas ao longo do aquecimento todas as amostras tiveram um aumento, pode ter ocorrido um aumento de produtos secundários da oxidação lipídica, sobretudo compostos aldeídos.

#### **6.5 Índice de refração e Condutividade**

Nos índices de refração e condutividade, não se observaram diferenças marcantes em relação ao tipo de aquecimento a que os produtos foram submetidos.

#### **6.6 Extinção específica $K_{232}$ e $K_{270}$**

Nos coeficientes de extinção específica, para  $K_{232}$ , em ambos os processos, o óleo de abacate teve um aumento de 3% ao longo do aquecimento, o óleo de arroz e o azeite de oliva tiveram uma redução ao fim do aquecimento (6% e 1%, respectivamente).

Para o  $K_{270}$ , no óleo de abacate, ao longo de aquecimento, os resultados foram similares do início ao fim, para ambos os processos de aquecimento. Já o óleo de arroz em bloco digestor ao longo do aquecimento teve uma redução de 1,5%, e o azeite de oliva aumento de 6%, no micro-ondas o óleo de arroz de arroz reduziu 1 % e o azeite de oliva aumento 6%.

#### **6.7 Clorofilas**

Para os valores de clorofilas, o aquecimento até atingir a 6:00 h ou 12 min, produziu redução no óleo de abacate e azeite de oliva (80% e 71%,

respectivamente). Já no óleo de arroz, este pigmento ficou indetectável no primeiro tempo de aquecimento em ambos os processos.

### **6.8 Carotenoides**

Para os valores de carotenoides, o aquecimento em bloco digestor do óleo de abacate e do azeite de oliva produziu uma redução (50% e 57%, respectivamente), e no óleo de arroz houve aumento ao atingir as 6:00h de 5%.

No aquecimento por micro-ondas, o óleo de abacate e azeite de oliva sofreram uma redução (48% e 11%, respectivamente) e o óleo de arroz aumento de 58%.

### **6.9 Capacidade antioxidante - ABTS**

Na atividade antioxidante, a comparação entre as amostras ao final do aquecimento a 180 °C, mostrou perdas da ordem de 27% para o óleo de abacate aquecido no bloco digestor, enquanto que pelo aquecimento no micro-ondas, foi de 51%. No óleo de arroz os valores foram similares em todos os tempos e processos de aquecimento. No azeite de oliva, a perda dos compostos antioxidantes foi maior no aquecimento em micro-ondas.

### **6.10 Compostos fenólicos**

Para o teor de compostos fenólicos, ao final do aquecimento em bloco digestor, produziu-se no óleo de abacate uma redução (15%), no óleo de arroz e azeite de oliva, aumento (4% e 22%, respectivamente).

No aquecimento por micro-ondas todas as amostras ao final do processo tiveram um aumento, óleo de abacate (5%), óleo de arroz (6%) e azeite de oliva (21%).

Provavelmente houve perdas de outros compostos, o que derivou aumento destes compostos fenólicos.

Há relatos na literatura de que o tratamento prolongado por micro-ondas degrada mais rapidamente os óleos vegetais do que nos outros tratamentos térmicos convencionais (CAPONIO; PASQUALONE; GOMES, 2002). Estes mesmos autores encontraram valores mais elevados de compostos polares,

oligopolímeros e acilglicerois oxidados após tratamento por micro-ondas em relação aos tratamentos térmicos convencionais.

## **7 Conclusões**

A partir dos dados obtidos, considera-se que foram atingidos os objetivos do presente trabalho, os quais envolveram a avaliação das características físico químicas, incluindo os parâmetros de qualidade e identidade, além da determinação de compostos bioativos, em amostras de óleo de abacate, óleo de arroz e azeite de oliva submetidos a dois tipos de processos de aquecimento, ambos a 180 °C, em diferentes tempos de exposição.

Verificou-se que os tratamentos aplicados produziram impacto nos resultados obtidos para a maioria dos parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras lipídicas, influenciando na estabilidade dos óleos.

O processo de aquecimento em bloco digestor produziu efeito negativo com mais intensidade no óleo de arroz, que mostrou maiores teores de compostos de oxidação, tanto primária como secundária, além de maior perda de insaturações e de clorofilas. Por outro lado, a capacidade antioxidante deste óleo foi a menos afetada pelo aquecimento. O óleo de abacate e o azeite de oliva mostraram-se similares em vários dos parâmetros avaliados após a aplicação deste tipo aquecimento. Em relação ao óleo de abacate, mesmo após as 6 h de aquecimento, os pigmentos foram encontrados em teores significativamente maiores do que nas demais amostras, enquanto para o azeite de oliva houve destaque em relação ao conteúdo de compostos fenólicos. Em relação à cor amarela, o óleo de abacate apresentou maior preservação e o azeite de oliva maiores alterações, tanto da cor vermelha como da amarela.

No processo de aquecimento por micro-ondas, o óleo de abacate foi mais afetado em relação à acidez, tendo apresentado valores significativamente maiores que os demais, logo após 3 minutos de aquecimento. Ainda, mostrou maior concentração de peróxidos que os demais. Por outro lado, manteve os maiores conteúdos de clorofilas e carotenoides. O óleo de arroz, também por este processo de aquecimento, teve o maior impacto no índice de iodo, ou seja, perda de duplas ligações, bem como significativa formação de produtos secundários de oxidação, observados pelo

coeficiente de extinção específica  $K_{270}$ . Em relação à capacidade antioxidante e aos compostos fenólicos o aquecimento por micro-ondas produziu resultados similares ao aquecimento no bloco digestor, com vantagens para o óleo de arroz e o azeite de oliva, respectivamente. Quanto a cor, houve a mesma tendência observada no aquecimento no bloco digestor, entretanto, a cor amarela para o óleo de abacate foi mais afetada por este processo de aquecimento.

Para o índice de refração e condutividade os resultados encontrados mostraram similaridade entre as amostras, por qualquer dos processos de aquecimentos empregados.

A partir dos resultados obtidos, o azeite de oliva foi que apresentou menor degradação quando submetido a aquecimento a 180 °C. Entretanto, o óleo de abacate mostrou-se similar em muitos parâmetros e também teve várias de suas características preservadas, com ênfase para o teor de pigmentos.

Comparando-se os tratamentos aos quais as amostras foram submetidas, constatou-se que o aquecimento a 180 °C por micro-ondas produziu maior impacto nas características avaliadas nas amostras lipídicas. Assim, o aquecimento dos óleos por micro-ondas não é indicado, especialmente quando se visa preservar as características destes produtos.

Os resultados das avaliações de qualidade do óleo de abacate demonstram maiores limitações de seu aquecimento em relação à acidez, por processo em micro-ondas, porém, ajustes no modo de obtenção, que proporcionem menores valores neste parâmetro, podem favorecer sua aplicação em preparações alimentares a quente, especialmente pela boa manutenção de compostos bioativos e pigmentos.

Por fim, cabe destacar que o óleo de abacate e o azeite de oliva se sobressaíram em relação ao óleo de arroz, quando aquecidos a 180 °C em bloco digestor, portanto, evidenciando maior estabilidade térmica do que o óleo refinado, que apresenta elevado ponto de fumaça.

## Referências

- ALLOUCHE, Y., JIMÉNEZ, A., GAFORIO, J.J., UCEDA, M. e BELTRÁN, G. (2007) How heating affects extra virgin olive oil quality indexes and chemical composition. **Journal Agriculture Food Chemical**, v.55, p. 9646–9654.
- AOCS. American Oil Chemists Society. **Official and tentative methods of the American Oils Chemists Society**, Champaign, Illinois, 1992.
- AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign: American Oil Chemists' Society, 2004.
- AOAC. (2005). **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. (18 ed.). Maryland: Gaithersburg.
- APARÍCIO R, RODA L, ALBI M, GUTIERREZ F. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 47, v. 10, 1999, p.4150-415.
- ARAÚJO,W.M.C.; MONTEBELLO,N de P.; BOTELHO, R.B.A.;BORGOL.A. ( organizadores) **Alquimia dos Alimentos**. Brasília: Editora Senac- DF,2007.
- ARAIN, S. et al. Oxidative stability assessment of *Bauhinia purpurea* seed oil in comparison to two conventional vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat methods. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 484, n. 1-2, p. 1-3,2009.
- B. MUIK, B. LENDL, A. MOLINA-DÍAZ, M.J. Ayora-Cañada. Direct,reagent-free determination of free fatty acid content in olive oil and olives by Fourier transform Raman spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, n.487 ,2003, p. 211-220.
- BACCOURI O, GUERFEL M, BACCOURI B, CERRETANI L, BENDINI A, LERCKER G, ZARROUK M, BEN MILED DD. Chemical composition and oxidative stability of Tunisian monovarietal virgin olive oils with regard to fruit ripening. **Food Chemistry**, n. 109.2008,p.743-754.
- BAE, E. K; LEE, S. J. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. **Journal of Microencapsulation**, v. 25, p. 549-560, 2008.

BERTANHA, B.J.; SANTOS, A.B.; LUIZA, D.M.M.; JORGE, N. Avaliação da qualidade de óleos e gorduras de fritura por meio de testes rápidos. **Higiene Alimentar**, v. 23, p. 172-182, 2009.

BERASATEGI, I.; BARRIUSO, B.; ANSORENA, D.; ASTIASARAN, I. Stability of avocado oil during heating: comparative study to olive oil. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 439-446, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.018>. PMID:26434313.

BERASATEGI. I. B.; BARRIUSO, B.; ANSORENA, D.; ASTIASARÁN, I. Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. **Food Chemistry**, v. 132, p.439–446, 2012.

BESTER, E., BUTINAR, B., BUCAR-MIKLAVCIC, M. e GOLOB, T. Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. **Food Chemistry**, n.108, 2008 , p .446–454.

BERGER, K. G.; HAMILTON, R. J. **Lipids and oxygen: is rancidity avoidable in practice.** In: R. J. Hamilton. Developments in Oils and Fats. London: Chapman & Hall, 1995, p. 192-294.

BILLEK, G. et al. **Heated fats in the diet.** The role of fats in human nutrittion. Chichester, Ellis Horwood ,1985. p. 163-71.

BRASIL- Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - Ministério da Saúde. Resolução nº 22/77 de 6 de setembro de 1977. Estabelece padrão de identidade e qualidade para os óleos e gorduras comestíveis, destinados à alimentação humana. **Diário Oficial** (República Federativa do Brasil), Brasília, 6 set. 1977. Seção 1, pt 1. Disponível em:[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao\\_13\\_1977.pdf/fe8bc16e-1696-4af0-82b0-1f5817ce09f3](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao_13_1977.pdf/fe8bc16e-1696-4af0-82b0-1f5817ce09f3). Acesso em 03/06/2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 1, 30 de janeiro de 2012. Regulamento técnico do azeite de oliva e do óleo de bagaço de oliva. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 fev. 2012, Seção 1, p. 5-8.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n 482, de 23 de setembro de 1999. Regulação técnico para fixação de identidade e qualidade de Óleos e Gorduras vegetais.

BREDA, M.C. **Fitoesteróis e os benefícios na prevenção de doenças: uma revisão.** 2010.45f. Dissertação ( Disciplina de trabalho de conclusão de curso

de Farmácia). Faculdade de Fármacia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRENES, M.; GARCIA, A.; DOBARGANES, M.C.; VELASCO, J. ROMERO, C. Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 50, p. 5962-5967, 2002.

BUIJSSE, B.; FESKENS, E. J.; SCHLETTWEIN-GSELL, D.; FERRY, M.; KOK, F. J.; KROMHOUT, D.; GROOT, L. C. Plasma carotene and alpha-tocopherol in relation to 10-y all-cause and cause-specific mortality in European elderly: the survey in europe on nutrition and the elderly, a concerted action seneca. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 82, n. 4, p. 879-886, 2005. <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/82.4.879>. PMid:16210720.

CAPONIO, F.; PASQUALONE, A.; GOMES, T. Effects of conventional and microwave heating on the degradation of olive oil. **European Food research and Technology**, v. 215, n.2, p.114-117, 2002.

CARDOSO,L,G,V. **Características físico-químicas e avaliação do perfil de ácidos graxos de azeitonas obtidas de diferentes variedades de oliveiras introduzidas em Minas Gerais, Brasil.** 2006. 79p. Dissertação (Mestrado de Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

CARVALHO, L. F. **Simpósio Nacional de Abacate e Avocado**, realização Jaguacy; Sindicato Rural de Bauru; Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR. Faculdades Integradas de Bauru – SP, 2015. Disponível em [www.senar.com.br](http://www.senar.com.br). Acesso em: 20 de maio de 2019.

CASAL, S., MALHEIRO, R., SENDAS, A., OLIVEIRA, B.P.P. e PEREIRA, J.A. (2010) Olive oil stability under deepfrying conditions. **Food and Chemical Toxicology**, n.48,2010,p. 2972–2979.

CASTELO-BRANCO, V. N.; TORRES, A. G. Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos. **Revista de Nutrição**, v. 24, p. 173-187, 2011.

CECCHI, Heloisa. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2<sup>a</sup> Ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 207p.

CERRETANI, L.; BENDINI, A.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; VITTADINI, E.;

- CHEIKHOUSMAN,R.;ZUDE,R.;BOUVERESSE,D.J.R. Fluorescence spectroscopy for monitoring deterioration of extra virgin olive oil during heating. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**,v.382,n.6,p.1438-1443,2005.
- CRIZEL-CARDOSO, M. M.; GOULARTE-DUTRA, F. L.; OTT, V.; COUTINHO, E. F.; ZAMBIAZI, R. C. **Perfil de ácidos graxos de azeites de oliva obtidos de variedades cultivadas em Bagé/RS**. In: XIV Encontro de Pós-Graduação – ENPOS, Pelotas, 2014.
- CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry of deep-fat frying oils. **Journal of Food Science**,Chicago, v. 72, n. 5, p. 77-86, 2007.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION - FAO/WHO, **Codex Alimentarius**, Fats, Oils and Related Products. 2.ed. Roma: Secretariat of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Roma, 1993. v.8, 133p.
- CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Codex standard for olive oil, virgin and refined, and for refined olive - pomace oil: CODEX STAN 33-1981 (rev. 2-2003). Roma: FAO/WHO, 2001. ver. 2. Disponível em: [www.fao.org/input/download/standards/17/CXS\\_193e\\_2015.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS_193e_2015.pdf). Acesso em: 29 junho 2019.
- CONDELI, N.; CARUSO, M. C.; GALGANO, F.; RUSSO, D.; MILELLA, L.; FAVATI, F. Prediction of the antioxidant activity of extra virgin olive oils produced in the Mediterranean area. **Food Chemistry**, v.177, p.233-239, 2015.
- CONI. E.; PODESTÁ, E.; CATONE, T. Oxidizability of different vegetables oils evaluated by thermogravimetric analysis. **Thermochimica Acta**, v.418, p.11-15, 2004.
- COSSIGNANI, L.; SIMONETTI, M.S.; NERI, A.; DAMIANI, P. Changes in olive oil composition due to microwave heating. **Journal of the American Oil Chemist's society**, v.75, n.8, p.931-937. 1998.
- CREXI, V. T., GRUNENVALDT, F. , SOARES, L. , PINTO, L. A. A Deodorisation process variables for croaker (*M. furnieri*) oil. **Food Chemistry**, v. 114, p. 396-401, 2009.
- CRIZEL-CARDOSO, M. M. **Influência do grau de maturação da azeitona na qualidade do azeite de oliva**. 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2014.

- CHEIKH-ROUHOU, S.; BESBES, S.; LOGNAY, G.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Sterol composition of black cumim (*Nigella sativa L.*) and aleppo pine(*Pinus halepensis* Mill.) seed oils. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 2, p. 162-168, 2008.
- DAG, A.; KEREM, Z.; YOGEV, N.; ZIPORI.; LAVEEE, S.; DAVID, E. B. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p.358–366. 2011.
- DAMY, P. de C.; JORGE, N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. **Brazilian Journal Food Technology**, v.6, n.2, p.251-257, 2003.
- DEL RÉ, P.V.; JORGE, N; Comportamento de óleos de girassol,soja e milho em frituras de produto cárneo empanado pré-frito congelado. **Ciência Agropecuária**, v.31,n.6,p.1774-1779, 2007.
- DING, H.; CHIN, Y. W.; KINGHORN, A. D.; D'AMBROSIO, S. M. Chemopreventive characteristics of avocado fruit. **Seminars in Cancer Biology**, v. 17, p. 386-394, 2007.
- DONADIO, L. C. **Abacate para exportação:** aspectos técnicos da produção.p.109, Brasília,1995.
- DUARTE, P. F.; CHAVES, M. A.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v.46, n.4, p.747-754, 2016.
- DUTRA LB, DUARTE MS, SOUZA EC. Tendency of the olive oil consumers profile. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, n .72,2013,p.322-326.
- EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.).** Disponível em: [[http://www.cplant.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/\\_sistema16\\_novo/11\\_mercados\\_e\\_comercializacao.htm](http://www.cplant.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/_sistema16_novo/11_mercados_e_comercializacao.htm)]. Acesso em: 24 de junho de 2019.
- FAO. Commodities by country: top production - world - 2012. Rome. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acesso em: 18 mar. 2018.
- FAO. FAOSTAT: Food and Agricultural Commodities Production. 2014 Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/desktopdefault.aspx?pageid=567#ancor>>. Acesso em 30 de maio de 2017.

- FOGAÇA, J. R. V. **Estrutura química dos esteroides.** Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/estrutura-quimica-dos-esteroides.htm>. Acesso em 26 de junho de 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>. Acesso em: 18 maio. 2006.
- FRANÇA, S. C. A., SANTOS, S. F., & LIMA, S. R. M. de. Ensaios para medida de cor em colorímetros Lovibond e ASTM. Comunicação técnica elaborada para o livro Tratamento de Minérios: Práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: Centro de tecnologia Mineral - CETEM, Ministério da Ciência e Tecnologia, Coordenação de Processos Minerais, 2007.
- GAMBOCORTA, G.; FACCIA, M.; PREVITALI, M. A.; PATI, S.; LA NOTTE, E.; BAIANO, A. Effects of olive maturation and stoning on quality indices and antioxidant content of extra virgin oils (cv. *Coratina*) during storage. **Journal of Food Science**, v.75, n.3, p.229-235, 2010.
- GERBER, G. S. Phytotherapy for benign prostatic hyperplasia. **Current Urology Reports**, v. 3, p 285-291, 2002.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- HEMAVATHY, J.; PRABHAKAR, J. V. Lipid composition of rice (*Oryza Sativa L.*) bran. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 64, n. 7, p. 1016-1019, 1987.
- HOLBACH, JULIANA MACIEL. **Obtenção de corante natural a partir de caroço de abacate (*Persea americana*).** 2012. 42f. Monografia (Engenharia de Alimentos), Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72784/000871919.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 mai. 2018.
- HOUHOULA, D.P.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. A kinetic study of oil deterioration. 2002.
- HORTIESCOLHA. **Hortipedia - Abacate.** Piracicaba: Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; São Paulo: Centro de Qualidade em

Horticultura da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.hortiescolha.com.br/hortipedia/produto/abacate>>. Acesso em: 7 junho 2019.

HU, F. B. Plant-based foods and prevention of cardiovascular disease: an overview. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 78, n. 3, p. 544-551, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020

IOOC - INTERNATIONAL OLIVE OIL COUNCIL. **Spectrophotometric investigation in the ultraviolet.** COI/T.20/Doc. N°19, 2008.

JORGE, T. S. **Avaliação reológica do óleo de abacate (*Persea americana* mill) e estudo da estabilidade sob condições de aquecimento e armazenamento à temperatura ambiente.** 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2014.

JORGE, N.; SOARES, B.B.P.; LUNARDI, V.M.; MALACRIDA, C.R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, v. 28, n.6, p.947-951, 2005.

JORGE, R. O. **Caracterização de azeites virgem extra “gourmet” varietais e “blends” comercializados no mercado do rio grande do sul.** 2010. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2010.

KOIDE, T. et al. Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from grape rinds and red rice. **Cancer Biotherapy and Radiopharmacology**, v.11, n.4, p.273-277, 1996.

KOIDIS, A.; BOSKOU, D. Virgin Olive Oil: Losses of Antioxidant Polar Phenolic Compounds due to Storage, Packaging, and Culinary Uses. In: PREEDY, V. R. **Processing and Impact on Active Components in Food.** London: Academic Press, 2015, p. 267- 274.

KOSKI, A., PSOMIADOU, E., TSIMIDOU, M., HOPIA, A., KEFALAS, P., WAHALA,K., et al. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and cold-pressed rapeseed oil. **European Food Research and Technology**, v. 214, n. 4, p. 294-298, 2002.

- KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. **Carotenoid actions and their relation to health and disease.** Molecular Aspects of Medicine, v. 26, n. 6, p. 459-516, 2005.
- KRUMREICH, F. D.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B.; JANSEN-ALVES, C.; ZAMBIAZI, R. C. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. **Food Chemistry**, v. 257, 2018, p.376–381.
- LARA-ORTEGA, F. J.; SAINZ-GONZALO, F. J.; GILBERT-LÓPEZ, B.; GARCIA-REVES, J. F.; MOLINA-DÍAZ, A. Multicommuted flow injection method for fast photometric determination of phenolic compounds in commercial virgin olive oil samples. **Talanta**, v. 147, p. 531-536, 2016.
- LLORACH, R.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; GIL, M.I.; FERRERES,F. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, London, v.108, p.1028-1038, 2008.
- LOTTENBERG, A. M. P. et al. Eficiência dos ésteres de fitoesteróis alimentares na redução dos lípides plasmáticos em hipercolesterolêmicos moderados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 79, n. 2, p. 139-142, 2002.
- LOVIBOND. Lovibond Colour Measurement. Disponível em: <<http://www.lovibondcolour.com/instrument/pfx-880at>>. Acesso em: 07 junho. 2019.
- LUH, B.; BARBERS, S.; BARBER, C. B. **Rice bran: chemistry and technology.** In: LUH, B.S. Rice: utilization. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. cap. 14, p. 313-363.
- MAIA, A. C. S.; TEIXEIRA, J. C.; LIMA, S. M.; FERREIRA, C. V.; STRAGEVITCH, L. **Estudo do impacto da adição do biodiesel de mamona ao óleo diesel mineral sobre a propriedade viscosidade cinemática.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju, SE. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. 1 CD-ROM.
- MALHEIRO, R.; OLIVEIRA, I.; VILAS-BOAS, M.; FALCÃO, S.; BENTO, A.; PEREIRA, J.A. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, n.1 p.92-97, 2009.
- MANCEBO-CAMPOS, V.; SALVADOR, M. D.; FREGAPANE, G. Antioxidant capacity of individual and combined virgin olive oil minor compounds evaluated

at mild temperature (25 and 40 °C) as compared to accelerated and antiradical assays. **Food Chemistry**, v.150, p.374-381, 2014.

MAPA - PORTARIA Nº 795, DE 15 DE DEZEMBRO DE 1993. Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do óleo de soja. Disponível

em:<<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1431040401>>. Acesso em 29 abril. 2019.

MARQUES, C.J.S. **Análise comparativa de azeites extras virgens de vários DOP: caracterização reológica, física-química e cromatográfica**. Lisboa. 84f. 2015. Dissertação (Mestrado em Controlo da Qualidade e Tecnologia dos Alimentos -Universidade de Lisboa – Faculdade de Fármacia).

MARTINEZ-PINEDA, M., FERRER-MAIRAL, A., VERCET, A. e YANGUE, C. Physicochemical characterization of changes in different vegetable oils (olive and sunflower) underseveral frying conditions. **CyTA – Journal of Food**, n.9(4), p.301–306, 2011.

MATOS, L; PEREIRA, J; ANDRADE, P; SEABRA, R.; OLIVEIRA, M.B. Evaluation of a numerical method to predict the polyphenols content in monovarietal olive oils **Food Chemistry**, n.102, p.976-983, 2007.

MATOS LCSAF. **Avaliação química de azeites varietais das cultivares Cobrançosa, Madural e Verdeal Transmontana com diferentes índices de maturação**. Dissertação (Mestrado em Farmácia) Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. Lisboa.

MCCASKILL, D.R.; ZHANG, F. Use of rice bran oil in foods. **Food Technology**, v. 53, n. 2, p. 50-52, 1991.

MCNULTY, H.; JACOB, R. F.; MASON, R. P. Biologic activity of carotenoids related to distinct membrane physicochemical interactions. **The American Journal of Cardiology**, v. 101, n. 10A, p. 20D-29D, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2008.02.004>. PMid:18474269.

MELLO, L. D.; PINHEIRO, M. F. Aspectos de azeites de oliva e de folhas de oliveira. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, p. 537-548, 2012.

MENDONÇA, M. A. et al. Alterações físico-química em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v.19, n.2, p.115-122, 2008.

- MILLER, J.B. et al. Rice: a high or low glycemic index food? **American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, p.1034- 1036, 1992.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa n.1, de 30 de janeiro de 2012. 2012. Disponível em: . Acesso em: 2/6/2018.
- MOHSENIN, N.N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1980. 407p.
- MONTEDORO, G. F.; SERVILI, M.; BALDIOLI, M.; MINIATI, E. Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil: 1. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p. 1571-1578, 1992.
- MORETTO E, FETT R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela; 1998. 150 p.
- MORGHARBEL, A.D.I; FREITAS, R.J.S. Influência do aquecimento nos meios de fritura sobre grau de acidez e índice de iodo. **Brasil Alimentos**, n. 20, p. 35-37, 2003.
- NINFALI, P.; ALUIGI, G., BACCHIOCCHA, M.; MAGNANI, M. Antioxidant capacity of extra-virgin olive oils. **Journal American Oil Chemists' Society**, v. 78, p. 243- 247, 2001.
- NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C. A.; RIBAS-FILHO, D.; MELLO, E. D.; MELZ, G.; ALMEIDA, A. C. F. Olive oil and its properties in hot preparations: literature review. **International Journal of Nutrology**, v.8, n.2, p. 13-20, 2015.
- OETTERER, M.; REGITANO-D"ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: Manole, 2006. 664p.
- OLIVEIRA, M. C. **Abacateiro e Oliveira como fontes de matéria-prima visando à extração do óleo**. 2011. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- ORTHOEFER, F. T. **Rice bran oil: Healthy lipid source**. Food Technology, v. 50, n.12, p. 62-64, 1996.
- ORTHOEFER, F. T. Rice bran oil. In SHAHIDI, F. (6º ed) Bailey's industrial oil & fat products. New Jersey, John Wiley & sons, 2005. v. 2, cap. 10, p. 465 – 489.
- OZDEMIR, F.; TOPUZ, A. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. **Food Chemistry**, v. 86, p. 79-83, 2004.

- PAUCHAR-MENACHO, L.M, SILVA, L.H., SANT'ANA, A.S., GONÇALVES, L.A. Refinado óleo de farelo de arroz (*Oryza Sativa L.*) em condições brandas para preservação do  $\gamma$ -orizanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27, 45-53p, 2007.
- PEIXOTO, E. R. M.; SANTANA, D. M. N.; ABRANTES, S. Avaliação dos índices de identidade e qualidade do azeite de oliva: Proposta para atualização da legislação brasileira. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, p. 363-470, 1998.
- PESTANA, Vanessa Ribeiro. **Avaliação da qualidade do óleo de arroz e do conteúdo de tocoferóis e orizanóis durante o processo de refino**, Pelotas, RS. 74f. 2007. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia Agroindustrial), Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.
- PROCIDA,G. et al. Influence of chemical composition of olive oil on the development of volatile compounds during frying. **European Food Research and Technology**, v.230, n.2, p.217-229, 2009.
- QUILES, J.L., RAMÍREZ-TORTOSA, M.C., GÓMEZ, J.A., HUERTAS, J.R. e MATAIX, J. (2002) Role of Vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. **Food Chemistry**. 76, p. 461–468.
- QURESHI, A.A. et al. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. **Nutritional Biochemistry**, v.8, p.290-298, 1997.
- RAO, A.; RAO, L. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v. 55, n. 3, p. 207-216, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012>.  
[PMid:17349800](#).
- RAO, M.A.; RIZVI, S.S.H. **Engineering properties of foods**. 2 ed. New York: Thermochim Acta. v.323, p.137-143, 1998.
- RE, R; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay**. Free Radical Biology and Medicine, v.26, p.1231–1237, 1999.
- RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücler, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

- RODRIGUES, C. E. C.; ONOYAMA M. M.; MEIRELLES, A.J.A. Optimization of the rice bran oil deacidification process by liquid-liquid extraction. **Journal of Food Engineering**. v.73, n. 4, p. 370-378, 2006.
- RODRIGUES, C.E.C.; PESSÔA FILHO P. A.; MEIRELLES, A. J.A. Phase equilibrium for the system rice bran oil + fatty acids + ethanol + water + γ-oryzanol + tocots. **Fluid Phase Equilibria**, v.216, p.271–283, 2004.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 2001. 64p.
- RONG, N. et al. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. **Lipids**, v.32, n.3, p.303-309, 1997.
- ROQUE, D.V. **Avaliação do efeito da temperatura, ciclos de aquecimento e adição de metais na estabilidade oxidative de óleos vegetais**. 2017. 36f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- SANIBAL E.A.A, MANCINI F. J. Alterações física, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingredientes South America**, v. 1, n.3, p 64-71, 2002.
- SAGLAM, C.; TUNA, Y, T.; GECGEL, U.; ATAR, E. S. Effects of olive harvesting methods on oil quality. **APCBEE Procedia**, v.8, p.334-342, 2014.
- SALGADO, J.M;BIN,C;MANSI,D.N, SOUZA,A. Efeito do abacate (*Persea Americana Mill*) variedade hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** vol.28,n.4 Campinas, 2008.
- SÁNCHEZ, J. L., CARRETERO, A.S., & GUTIÉRREZ, A.F. **Composición del aceite de oliva. El Aceite de Oliva Virgen**: Tesoro de Andalucía, Servicio de Publicaciones de la Fundación Unicaja, Granada, 2009. p.195-224.
- SANTOS, C.S.P., CRUZ, R., CUNHA, S.C. e CASAL, S. Effect of cooking on olive oil quality attributes. **Food Research International**, n.54, p. 2016–2024, 2013..
- SANTOS, M. A. Z.; ALICIEO, T. V. R.; PEREIRA, C. M. P.; RAMOS, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. Profile of bioactive compounds in avocado pulp oil: Influence of the drying processes and extraction methods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 9, p. 19–27, 2014.

- SANTOS, M.A.Z.; MUCHALE, B. V.; PEREIRA, C. M. P.; MENDONÇA, C. R. B. Efeito dos processos de secagem da polpa e extração do óleo de abacate no perfil de ácidos graxos. **Revista Magistra**, v. 26, n. especial, p.149-153, 2014.
- SANTOS, M.A.Z.; MUCHALE, B. V.; TEIXEIRA, A. M., MENDONÇA, C. R. B. Perfil de ácidos graxos de azeites de oliva extra virgens brasileiros. **Higiene Alimentar**, v. 29, p.1994-1998, 2015.
- SEAPAMG - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, Subsecretaria do Agronegócio. Abacate. Out. 2017. Belo Horizonte-MG. Disponível em [http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/Perfil\\_abacate\\_out\\_2017\[1\].pdf](http://www.reformaagraria.mg.gov.br/images/documentos/Perfil_abacate_out_2017[1].pdf). Acesso em: 04 de maio de 2018.
- SERVILI M, SORDINI B, ESPOSTO S, et al. Biological Activities of Phenolic Compounds of Extra Virgin Olive Oil. **Antioxidants**, p.1-23, 2014.
- SILVA, FRANCISCO A. M.; BORGES, MARIA F. M.; FERREIRA, MARGARIDA A.. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, Porto, v. 1, n. 22, p.94-103, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ /qn/v22n1/1143.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.
- SILVA, L. F. O. **Caracterização agroindustrial de cultivares de oliveira com potencial econômico para o Sul de Minas Gerais**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2011.
- SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ALVES, T. C.; ZAMBON, C. R. Variação na qualidade do azeite em cultivares de oliveira. **Bragantia**, v.71, p.201-209, 2012.
- SEME . Y.R. **Estudo comparativo de óleos vegetais submetidos a estresse térmico**. 2004. Mestrado (Programa de Engenharia de alimentos)-Universidade Federal de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2004.
- SOARES, H. F.; ITO, M. K. O ácido graxo monoinsaturado do abacate no controle das dislipidemias. **Revista Ciência Médica**, Campinas, p. 47-51, maio/agosto, 2000.
- SUGANO, M.; TSUJI, E. Rice bran oil and cholesterol metabolism. **The Journal of Nutrition**. Present in a VII<sup>th</sup>Asian conference of nutrition: Lipid symposium proceedings, p. 521S-524S, 1997.

- TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 6, 2004, p. 17–23.
- SONG, Y.-Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.
- TANGO, J.S.; TURATTI, J.M. **Óleo de abacate**. In: ITAL. Abacate. Campinas: ITAL. p. 156-192.1992.
- TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2.ed. Campinas: ITAL, 1992.
- TODD, S.; WOODWARD, M.; TUNSTALL-PEDOE, H.; BOLTON-SMITH, C. Dietary antioxidant vitamins and fiber in the etiology of cardiovascular disease and all-causes mortality: results from the scottish heart health study. **American Journal of Epidemiology**, v. 150, n. 10, p. 1073-1080, 1999.  
<http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009931>. PMid:10568622.
- TORRECILLA, J. S.; VIDAL, S.; AROCA-SANTOS, R.; WANG, S. C.; CANCILLA, J. C. Spectroscopic determination of the photo degradation of monovarietal extra virgin olive oils and their binary mixtures through intelligent systems. **Talanta**, v.144, p.363-368, 2015.
- TREMOCOLDI, M.A. **Atividade antioxidante, compostos fenólicos totais e cor em abacate HASS submetido a diferentes tratamentos físicos**. Mestrado ( Programa de graduação de Agronomia (horticultura) –FSA. Botucatu,2011.
- TSIMIDOU, M. Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. **Italian Journal of Food Science**, v. 10, p.99–116, 1998.
- TURATTI, J. M.; SANTOS, L. C.; TANGO, J. S.; ARIMA, H. K. Caracterização do óleo de abacate obtido por diferentes processos de extração. **Boletim do ITAL**, v. 22, p. 267-284, 1985.
- TYAGI, V.K.; VASSISHTHA,A.K. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. **Journal American oil Chemist's Society**. v.73, n.4, p.449-506,1996.
- VANINI, L.S.; KWIATKOWSKI, A.; EDMAR CLEMENTE, E. Polyphenoloxidase and peroxidase in avocado pulp (*Persea americana* Mill.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**.Campinas, v. 30, n.2, 2010.

- VERGARA P, WALLY AP, PESTANA VR, BASTOS C, ZAMBIAZI RC. Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **Boletim centro de pesquisa e processamento de alimentos**, Curitiba, n.24, p.207-220, 2006.
- VARELA, G; MOREIRAS-VARELA, O; RUIZ-ROSO, B. Utilizacion de algunos aceites en frituras repetidas. Câmbios en las grasas y analisis sensorial de los alimentos fritos. **Grasas y aceites**, n.34, páginas 102-108, 1983.
- WAN, P. J. Accelerated stability methods. In: WARNER, K.; ESKIN, N. A. M. (Eds.),**Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods. American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 7 p. 179-189, 1995.
- WANG, T.; HICKS, K. B.; MOREAU, R. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates. **Journal of American Oil Chemists' Society** , v.79, n.12, p. 1201-1206, 2002.
- WESOLOWSKI, M.; ERECINSKA, J. Thermal analysis in quality assessment of rapeseed oils. **Thermochim Acta**. v.323, p.137-143, 1998.
- WOODAMS, E.E.; NOWREY, J.E. Literature values of thermal conductivities of foods. **Food Technology**, v.22, n.4, p.150-158, 1968.
- XIA, M. et al. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. **Journal of Nutrition**, v.133, n.3, p.744-751, 2003.
- YOKOCHI, K. Rice bran processing for the production of rice bran oil and characteristics and uses of the oil and deoiled bran. In: Rice BY – PRODUCTS CONFERENCE, 1974, Valencia, Espanha, p. 2-37.
- ZAMBIAZI, R.C. **The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability**. 1997. 304 f. Thesis (Doctor of Foods and Nutritional)- Sciences Inter departamental Program. University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada.
- ZAMBIAZI, R.C. **Tecnologia de óleos e gorduras**. Pelotas: Editora Universitária da UFPel, 2003, 122p.
- ZENEBON, ODAIR. Instituto Adolfo Lutz. **Método físico-químico para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- ZIMMER, C. F. **Controle de Qualidade de Cereais**. Curso de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/10761478/>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

