

LEDA BATTESTIN QUAST

**ESTUDO DO EFEITO DA MATÉRIA PRIMA, DO GRAU DE  
TORREFAÇÃO E DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA  
QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Arislete Dantas de Aquino

CURITIBA  
2004

**LEDA BATTESTIN QUAST**

**ESTUDO DO EFEITO DA MATÉRIA PRIMA, DO GRAU DE  
TORREFAÇÃO E DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA  
QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ARISLETE DANTAS DE AQUINO  
Setor de Tecnologia, UFPR

Prof. Dr. GEORGES KASKANTZIS NETO  
Setor de Tecnologia, UFPR

Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO DELALIBERA FINZER  
Setor de Tecnologia, UFU

Curitiba, 26 de fevereiro de 2004.

À minha família, que sempre me incentivou na realização dos meus objetivos.

*“Experiência não é o que acontece com o ser humano; é o que o ser humano faz com o que lhe acontece.”*

*(Aldous Huxley)*

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Arislete Dantas de Aquino, pela orientação no trabalho.

Aos Professores Paulo Fontoura e Renato João Sossela de Freitas, pela colaboração.

À minha família e ao Ernesto Quast pelo carinho.

À empresa Cia. Iguaçu de Café Solúvel pelo fornecimento das amostras utilizadas neste trabalho.

Ao Professor Adilson dos Anjos do Departamento de Estatística.

A todos aqui não mencionados que de algum modo auxiliaram na realização do presente trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	v
LISTA DE TABELAS .....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CAFÉ – HISTÓRIA E ASPECTOS ECONÔMICOS.....	3
2.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	6
2.2.1 <i>coffea arabica</i> Linn – Espécie arábica.....	7
2.2.2 <i>coffea canephora</i> Pierre – Espécie robusta .....	8
2.3 PROCESSAMENTO DE CAFÉ VERDE .....	8
2.4 COMPOSIÇÃO DE “BLENDS” DOS CAFÉS NAS INDÚSTRIAS.....	10
2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE CAFÉ.....	11
2.6 PROCESSO DE TORREFAÇÃO DO CAFÉ.....	15
2.6.1 – Etapas do processo de torrefação do café.....	15
a) <i>Secagem</i> .....	16
b) <i>Torrefação</i> .....	16
c) <i>Resfriamento</i> .....	17
2.6.2 – Principais reações químicas ocorridas na torrefação .....	18
3 PERDA DE QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO .....	21
4 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDEOS – Rancidez oxidativa .....	25
4.1 MECANISMO DE AUTO OXIDAÇÃO DOS LIPÍDEOS.....	25
4.1.1 Etapa de Iniciação.....	26
4.1.2 Etapa de Propagação.....	26
4.1.3 Etapa de Terminação .....	28
4.2 ACOMPANHAMENTO DA RANCIDEZ OXIDATIVA.....	30
4.2.1 – Índice de Peróxido.....	30
4.2.2 – Índice de acidez em óleos.....	31
4.2.3 – Dienos Conjugados .....	31
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
5.1 MATERIAIS .....	32
5.1.1 Matéria prima .....	32
a) Torrefação da matéria prima.....	32
b) Moagem da matéria prima .....	32
c) Envase da matéria prima .....	33
5.1.2 Armazenamento da Matéria Prima.....	33
5.2 METODOLOGIAS DE ANÁLISE.....	33
5.2.1 – Processo de extração do óleo de café .....	35
5.3 ANÁLISES REALIZADAS PARA O ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO .....	36

5.3.1- Umidade.....	36
5.3.2- pH .....	37
5.3.3-Acidez total da bebida.....	37
5.3.4-Índice de peróxido.....	37
5.3.5- Índice de Acidez.....	38
5.3.6- Dienos Conjugados.....	38
5.4 ANÁLISES REALIZADAS PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS .....	39
5.4.1 - Umidade.....	39
5.4.2 - Cinzas .....	39
5.4.3 - Lipídeos .....	39
5.4.4 – Proteínas – Proteína Bruta.....	40
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
6.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS .....	41
6.3 RESULTADO DAS ANÁLISES REALIZADAS AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO .....	43
6.3.1 Teor de Umidade.....	43
6.3.2 pH.....	46
6.3.3 Acidez total da bebida .....	52
6.3.4 Índice de Peróxido.....	58
6.3.5 Índice de Acidez.....	62
6.3.6 Dienos Conjugados .....	65
7 CONCLUSÕES .....	71
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	73
9 REFERÊNCIAS.....	74
10 APÊNDICE .....	82

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO CAFEIEIRA NO BRASIL REFERENTE AOS ANOS 2001/2002 (MIL SACAS) .....	4
FIGURA 02 – ÁREA COM PLANTAÇÃO DE CAFÉ.....	6
FIGURA 03 – RAMO DE CAFEIEIRO COM FRUTOS.....	7
ESQUEMA 01 – VIAS DE TRATAMENTO DOS GRÃOS DE CAFÉ VERDE .....	10
MECANISMO DE REAÇÃO 01 - REAÇÃO DE MAILLARD E DEGRADAÇÃO DE STRECKER.....	17
MECANISMO DE REAÇÃO 02 – PIRÓLISE DOS GRÃOS DE CAFÉ.....	18
MECANISMO DE REAÇÃO 03 – PEROXIDAÇÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO .....	29
ESQUEMA 02 – AMOSTRAS UTILIZADAS NOS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS .....	34
ESQUEMA 03 – ANÁLISES UTILIZADAS PARA VERIFICAÇÃO DA PERDA DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS DE CAFÉ TORRADO E MOÍDO .....	35
FIGURA 04 – TEOR DE UMIDADE EM FUNÇÃO TEMPO .....	45
FIGURA 05 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO pH DO CAFÉ ARÁBICA.....	47
FIGURA 06 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO pH DO CAFÉ ROBUSTA.....	48
FIGURA 07 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NO pH PARA CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ARMAZENADOS EM AMBIENTE.....	49
FIGURA 08 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NO pH PARA CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ARMAZENADOS EM ESTUFA.....	50
FIGURA 09 – pH EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	52
FIGURA 10 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO MÉDIA .....	54
FIGURA 11 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO ESCURA.....	54
FIGURA 12 – ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	56
FIGURA 13 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO ÍNDICE DE PERÓXIDO EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO ESCURA EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	59
FIGURA 14 – ÍNDICE DE PERÓXIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	61
FIGURA 15 – ÍNDICE DE ACIDEZ EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	65
FIGURA 16 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NOS DIENOS CONJUGADOS EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO MÉDIA EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	67
FIGURA 17 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NOS DIENOS CONJUGADOS EM CAFÉS ROBUSTA EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	67
FIGURA 18 – DIENOS CONJUGADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	69

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE CAFÉ.....	14
TABELA 02 – TEOR DE LIPÍDEOS EM GRÃOS DE CAFÉ .....	14
TABELA 03 – CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA .....	42
TABELA 04 – TEOR DE UMIDADE (%) DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO .....	43
TABELA 05-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO pH .....	46
TABELA 05-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O pH .....	51
TABELA 06-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA .....	53
TABELA 06-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA.....	55
TABELA 07-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO ÍNDICE DE PERÓXIDO .....	58
TABELA 07-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O ÍNDICE DE PERÓXIDO .....	61
TABELA 08-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO ÍNDICE DE ACIDEZ.....	63
TABELA 08-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O ÍNDICE DE ACIDEZ.....	64
TABELA 09-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS DIENOS CONJUGADOS .....	66
TABELA 09-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE OS DIENOS CONJUGADOS.....	68



## RESUMO

O café é um dos principais produtos envolvido nas atividades agro-industriais do país sendo o Brasil o maior produtor mundial. A produção nacional representa cerca de 24% do café produzido em todo mundo. O envelhecimento do café torrado e moído é um fenômeno resultante de uma série de reações de degradação não completamente esclarecidas, visto que um grande número de fatores interagem causando o envelhecimento do produto. A oxidação do café depende do teor de oxigênio, tem início nos grãos crus e reflete-se nas características do produto final. As principais causas da perda de qualidade do café torrado e moído são o teor de umidade, a temperatura de estocagem, o grau de torrefação e o tratamento dado ao produto antes do acondicionamento. Neste estudo foram utilizadas amostras de café arábica e café robusta. As amostras foram torradas com características de “torrefação média” - cor 45IR e “torrefação escura” – cor 35IR medidas através do índice de reflectância da luz. Após o processo de torrefação, as amostras foram moídas e envasadas em embalagens compostas de PET/ALUM/PEBD com 250g cada. A seguir, as amostras foram estocadas a temperatura ambiente e em estufa a temperatura de 38°C por um período de 180 dias. A cada 20 dias as amostras foram analisadas. As análises foram efetuadas utilizando metodologias padronizadoras ou descritas na literatura. Os resultados foram avaliados estatisticamente usando a análise de variância – ANOVA e o teste de Tukey no nível de 5% de significância. O acompanhamento da perda de qualidade do produto foi efetuado através das análises de umidade, pH, acidez total da bebida, índice de peróxido, índice de acidez e dienos conjugados com o objetivo de verificar a influência da temperatura, da matéria prima e do grau de torrefação durante o armazenamento do produto. Os resultados mostraram que a temperatura de armazenamento influenciou significativamente nas medidas do pH e da acidez total da bebida. Verificou-se também que o grau de torrefação apresentou interferência sobre algumas análises realizadas. Para a matéria prima arábica, o café com torrefação escura apresentou maiores valores de pH, acidez do óleo e dienos conjugados que o café de torrefação média. Para a matéria prima robusta, a torrefação média apresentou maiores valores de pH, acidez do óleo e dienos conjugados que o café de torrefação escura. Pode-se observar ainda que as maiores variações nos resultados analisados ocorreram durante o período de 60 e 80 dias de armazenamento, período no qual as reações de oxidação do produto são mais intensas.

Palavras Chave: café torrado e moído, envelhecimento, grau de torrefação, qualidade, armazenamento, oxidação.

## ABSTRACT

Coffee is one of the main products involved in the agricultural activities in Brazil and its production represents about 24% of the coffee produced in the world. The stalling of roasted and ground coffee is due to several degradation reactions that are not completely understood. The coffee oxidation affects the product quality, depends on the available oxygen and starts on green coffee product. The main causes of lack of quality on roast and ground coffee are the moisture, storage temperature, roast process and storage conditions before packaging process. For this study arabica and robusta coffee were used. Coffee was roasted with “medium – 45IR colour” and “dark – 35IR colour” characteristics using reflectance meter. The roasted coffee was milled and packaged on PET/ALUM/PEBD 250g bags. Samples were stored at room temperature and 38°C for a period of 180 days. Each 20 days samples were collected for analysis. The measures were carried out using appropriate scientific methodologies. The results were analysed statistically using one way variance analysis - ANOVA and Tukey test at 5% of significance. Analysis of moisture, pH, titrable acidity, peroxide value, oil acidity and conjugated dienes were done to verify the coffee stalling during the storage time. The aiming of this work is to verify the influence of temperature, coffee variety and roast degree on the stalling during storage product. The obtained results indicate that the storage temperature have significant influence on pH and titrable acidity values. The coffee varieties also have influence on some analysis. Arabica dark colour lead high values of pH, oil acidity and conjugated diene than arabica medium colour. The robusta medium colour lead high values on the analysis than robusta dark colour. It was possible to verify that the main oxidation reaction on coffee occur during the 60 and 80 days of storage.

Key words: roast and ground coffee, stalling, roast degree, quality, storage, oxidation.

## 1 INTRODUÇÃO

O café é a matéria prima de uma das bebidas mais aceitas no mundo, e ainda é a mais popular depois do chá (NICOLI et al., 1997; MAEZTU et al., 2001). Os negócios relacionados ao café mantêm uma estabilidade crescente de importância comercial pelos últimos 150 anos e até hoje é um dos mais importantes produtos de transações comerciais internacionais (NOGUEIRA et al., 2000).

O café constitui uma das principais fontes de divisa do Brasil. A cada ano são investidos, aproximadamente, 4,5 bilhões de reais no campo. Do total da colheita nacional, menos da metade é absorvida pelo mercado interno, sendo o restante exportado principalmente para o Japão, Estados Unidos e Europa. As espécies mais cultivadas são a *coffea arabica* Linn (café arábica) e a *coffea canephora* Pierre (café robusta), (VIDAL, 2001).

As pesquisas relacionadas ao café têm mostrado a existência de diferenças quanto à qualidade da bebida e a composição química dos grãos, geralmente entre as espécies de café arábica e robusta. As indústrias torrefadoras e os consumidores buscam constantemente cafés de melhor qualidade e o conhecimento mais detalhado sobre a sua composição química, tendo em vista que as indústrias elaboram seus “blends” a partir de misturas de cafés arábica e robusta (PÁDUA et al., 2001).

O fenômeno de envelhecimento do café torrado é resultante de uma série de reações de degradação que ainda não estão completamente esclarecidas (NICOLI et al., 1993). O café torrado e moído é afetado por reações físico-químicas que ocorrem durante a estocagem e o levam à rápida perda de qualidade, quando mantido em condições favoráveis à sua deterioração (ANJOS et al., 1999).

Uma das principais reações de deterioração do café, que ocorre no seu armazenamento é a oxidação dos lipídeos, o que causa importantes modificações no sabor e odor devido à perda de qualidade do produto. Durante o armazenamento do café torrado ocorre a liberação de diversos compostos bem como o aparecimento de sabores indesejáveis devido à oxidação dos lipídeos (PÁDUA et al., 2002).

A moagem é outro fator determinante para a preservação da qualidade do café, pois com a ruptura das células ocorre a exposição do conteúdo celular às diversidades do ambiente de armazenamento, favorecendo as reações químicas (PÁDUA et al., 2002).

O presente trabalho se enquadra no estudo da perda de qualidade do café empregando amostras de café torrado e moído das espécies arábica e robusta com o objetivo de estudar os efeitos específicos da influência da matéria prima, do grau de torrefação e da temperatura de armazenamento em função do tempo.

Além deste capítulo 1, a revisão bibliográfica segue no capítulo 2 com uma visão geral sobre os aspectos relacionados ao café, desde o seu processamento na forma de grãos verdes até o processo de torrefação. Nos capítulos 3 e 4 serão abordados aspectos relacionados com a perda de qualidade do café torrado e moído. No capítulo 5 serão apresentados os materiais utilizados e as análises realizadas na avaliação da perda de qualidade do café. Os resultados obtidos na forma de tabelas e gráficos e as discussões serão abordados no capítulo 6. A interpretação e a discussão dos resultados obtidos com base nos conhecimentos disponíveis na literatura permitiram estabelecer as conclusões e algumas sugestões de trabalhos futuros que se encontram nos capítulos 7 e 8. As referências são apresentadas ao final do trabalho, juntamente com os apêndices que contém os resultados obtidos na sua forma original.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CAFÉ – HISTÓRIA E ASPECTOS ECONÔMICOS

O café é uma planta proveniente da África que teve sua difusão a partir da Arábia. O café chegou ao Brasil em 1727 e foi cultivado primeiramente nos estados do Pará, na Bahia e depois no sul do país. No Rio de Janeiro, o plantio de café teve início em 1773 e rapidamente expandiu-se pelo Vale do Paraíba chegando a São Paulo e depois à Minas Gerais, Espírito Santo e Paraná (NAGAMATO, 2001).

Em 1850, o Brasil já era o maior produtor mundial, participando com 40% da produção total e alcançando a marca de 81% no início do século XX (VIDAL, 2001). Os percentuais que estão presentes neste texto e todos os demais a seguir estão em base mássica.

No início do século XX, os cafezais cobriam uma extensa faixa que se estendia do Paraná ao Espírito Santo. A cafeicultura despontou entre as monoculturas exportadoras, desbancando a cana-de-açúcar e iniciando o ciclo econômico do café, o que foi sem dúvida a mola propulsora da urbanização e industrialização do país (SEAB, 2002).

A cultura do café foi introduzida no Paraná no início do século XX, com um crescimento lento até 1945 devido as duas guerras mundiais. Foi na década de 50 e início dos anos 60 que a cafeicultura teve sua maior expansão, quando a área cultivada chegou a quintuplicar, passando de quase 300 mil hectares em 1951 para 1,6 milhões de hectares em 1962. Os preços internacionais neste período estavam favoráveis devido à redução dos estoques mundiais, incentivando o aumento do plantio no estado, atingindo seu apogeu em 1962, quando colheu 21,3 milhões de sacas de 60kg, correspondendo a 28% da safra mundial (NAGAMATO, 2001).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de café, sua produção representa cerca de 24% do que é produzido no mundo (SEAB, 2002). O consumo interno no Brasil tem sido na ordem de 11 milhões de sacas por ano e as

exportações são em torno de 15,5 milhões de sacas de café beneficiados (VIDAL, 2001).

Cerca de 95% do consumo total brasileiro é de café torrado e moído e apenas 5% é de café solúvel. Do volume total de café cru produzido pelas indústrias, 84% são produzidos por empresas filiadas a Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC), (SEAB, 2002).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor, com 47% da produção do café brasileiro. Em segundo lugar vem o Espírito Santo, com 19%, e em terceiro e quarto lugares estão São Paulo e Paraná respectivamente, com 13 e 7% da produção do café brasileiro (SEAB, 2002).

FIGURA 01 – DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO CAFEIEIRA NO BRASIL REFERENTE AOS ANOS 2001/2002 (MIL SACAS)



FONTE: CIA. IGUACU, 2003.

O café é um produto de extrema importância para a economia nacional e, embora o Brasil seja conhecido pela grande quantidade de café que produz, está começando a destacar-se no mundo como um dos produtores de cafés com alta qualidade (NOGUEIRA et al., 2000). A melhoria na qualidade do café pode ser

conseguida através da redução dos níveis de defeitos dos grãos (verdes, ardidos, fermentados, pretos, etc) a serem comercializados, com isso ocorre uma maior valorização do produto e melhoria nas vendas (TURATTI, 2001).

O café é um dos poucos produtos agrícolas no Brasil que tem seu preço associado a parâmetros qualitativos, ou seja, seu valor é acrescido com a melhoria da qualidade do produto (LOPES et al., 2000).

As duas espécies de maior importância comercial são a *coffea arabica* Linn. e a *coffea canephora* Pierre, conhecidas como café arábica e café robusta respectivamente, sendo que no Brasil ambas respondem por 80% e 20% da produção nacional (PEREIRA et al., 2000; PÁDUA et al., 2001). Entre as variedades do café arábica encontram-se a Caturra, o Mundo Novo e a Catuai e a variedade mais popular do robusta é a Kouilouensis ou Conilon (LAGO, 2001).

O café arábica é a espécie mais comercializada no mundo, no entanto o café robusta é responsável por 25% das exportações de café no mercado mundial nos últimos 10 anos. A predominância do café arábica sobre o café robusta é devido essencialmente à preferência dos consumidores em relação ao seu aroma e sabor que são considerados de qualidade superior ao café robusta. Por outro lado, o café robusta apresenta outros aspectos que o tornam um competidor viável em relação ao café arábica. Os custos de produção são mais baixos e a produtividade é maior que a do café arábica (MENDES et al., 2001).

A influência de fatores como a composição química dos grãos, os métodos de colheita, o processamento e o armazenamento, são importantes por afetarem diretamente a qualidade da bebida do café (LOPES et al., 2000).

As pesquisas relacionadas ao café têm mostrado a existência de diferenças quanto à qualidade da bebida e a composição química dos grãos, geralmente entre as espécies arábica e robusta. As misturas de grãos utilizadas pelas torrefadoras são elaboradas visando principalmente o rendimento, não tendo ainda nenhum conhecimento científico sobre as alterações químicas e sensoriais ocasionadas no café torrado, em função do uso de misturas arábica-robusta. As torrefadoras de café têm mostrado interesse crescente em ampliar conhecimentos sobre a qualidade dos

cafés que as mesmas adquirem, bem como os requisitos para se elaborar uma boa mistura de grãos (PEREIRA et al., 2000).

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA

A planta de café pertence a família das Rubiáceas e ao gênero *coffea* (LAGO, 2001). O cafeeiro é uma planta perene, dicotiledônea, de porte arbustivo ou arbóreo, de caule lenhoso, folhas persistentes e flores hermafroditas. As espécies mais cultivadas são a *coffea arabica* Linn, a *coffea canephora* Pierre e a *coffea liberica* (VIDAL, 2001), sendo que as espécies mais cultivadas no Brasil são a *coffea arabica* Linn e a *coffea canephora* Pierre (BRAND, 1999).

Existem aproximadamente 60 espécies do gênero *coffea*, que são igualmente exploradas mundialmente, mas em proporções bem menores. O arbusto de café é mantido entre 2 a 3m de altura, a fim de facilitar a colheita dos frutos maduros. O cafeeiro desenvolve-se melhor em clima quente e úmido, típico das regiões tropicais. Um cafeeiro pode produzir aproximadamente 2,5kg de frutos por ano (BRAND, 1999).

FIGURA 02 – ÁREA COM PLANTAÇÃO DE CAFÉ



FONTE: COFFEEMAN INTERNATIONAL, 2003.



Os frutos de café, denominados de cerejas quando maduros devido ao seu aspecto exterior, são agrupados nos ramos em globumérolos. A cor da cereja varia da tonalidade marrom ao vermelho segundo a variedade e a exposição ao sol. Os frutos vermelhos são comercialmente mais apreciados, pois são considerados de melhor qualidade. O tamanho dos frutos varia de acordo com as variedades; em média possuem 10mm de comprimento, 6 a 7mm de largura e 3 a 4mm de espessura (BRAND, 1999).

FIGURA 03 – RAMO DE CAFEEIRO COM FRUTOS



FONTE: SEGAFREDO ZANETTI, 2003.

### 2.2.1 *coffea arabica* Linn – Espécie arábica

O *coffea arabica* Linn, nome científico da principal espécie cultivada no Brasil e no mundo, é originário das regiões montanhosas da Etiópia, na África. Não se conhece espécies de café originárias do Brasil, nem em qualquer outro país do continente americano. A espécie *coffea arabica* Linn tem grande significado econômico para as Américas e demais regiões que a cultivam. Seu produto é de qualidade superior em relação ao aroma e sabor e o de maior aceitação em todos os mercados mundiais (MASSON et al., 1984; LAGO, 2001).

A distinção entre os grãos crus de café arábica e café robusta é facilmente feita através das diferenças de tamanho e cor (LAGO, 2001). O café arábica possui o grão de coloração esverdeada para o tom palha e formato ovalado. O café robusta por sua vez, possui um formato mais arredondado e coloração amarronzada (CLARKE; MACRAE, 1985). Aproximadamente 75% da produção mundial exportável de café é da espécie *coffea arabica* Linn (NAGAMATO, 2001).

### **2.2.2 *coffea canephora* Pierre – Espécie robusta**

O café da espécie robusta é mundialmente conhecido pela condição de adaptar-se à diferentes condições climáticas. O café robusta cresce à altitudes relativamente baixas, tolera altas temperaturas, chuvas pesadas e demanda um solo com quantidades maiores de humos em relação ao café arábica. Geralmente o café robusta é mais resistente às doenças (CLARKE; MACRAE, 1985).

Os principais cultivares do *coffea canephora* Pierre são o Kouillou (conilon) e o Guarani. O café robusta é produzido no Brasil, Indonésia, Vietnã e Uganda entre outros (NAGAMATO, 2001). De acordo com VIDAL, 2001, a espécie robusta não é tão saborosa e aromática quanto a espécie arábica, mas é muito cultivada por sua resistência à ferrugem das folhas.

## **2.3 PROCESSAMENTO DE CAFÉ VERDE**

Todo o processo de beneficiamento do café inicia-se pela colheita, que é uma operação extremamente importante, pois está associada com a qualidade do café e conseqüentemente com seu preço de venda (NAGAMATO, 2001). A colheita do café deve ser feita na época correta utilizando manejo adequado. A época ideal é quando a maioria dos frutos se encontram no estágio de cereja, estando a menor parte deles verdes ou secos (VIDAL, 2001).

A colheita das cerejas de café é feita tradicionalmente de duas maneiras: a primeira consiste em tirar as cerejas maduras dos ramos uma a uma fornecendo

uma bebida de melhor qualidade. Na segunda, os ramos são colhidos inteiros, contendo um alto percentual de grãos que não atingiram a maturidade, levando a uma bebida de qualidade inferior. No Brasil, utiliza-se a técnica denominada deriça (manual ou mecânica) que consiste na retirada dos frutos dos ramos do cafeeiro de uma só vez (BRAND, 1999).

Após a colheita segue-se a lavagem dos frutos para eliminar as impurezas tais como: folhas, galhos, torrões, terra e pedras. A separação das impurezas de maior tamanho é realizada em peneiras de pré-limpeza e a separação da terra e das pedras é feita por diferença de densidade em água onde se realiza a separação da cereja e das demais impurezas restantes (NAGAMATO, 2001).

Após a etapa de lavagem existem dois processos que podem ser empregados para o tratamento do café colhido. No Brasil, o processo mais utilizado é o por via seca, responsável por aproximadamente 80% do processamento do café arábica e praticamente todo o processamento do café robusta. Os cafés tratados por via úmida, também são chamados de cafés lavados e são característicos da América Central, Colômbia e Kenia (BRAND, 1999).

No processamento dos grãos de café por via seca, a secagem é feita de modo natural em terreiros, ou artificial com o auxílio de secadores (VIDAL, 2001). Em ambos os processos, o teor final de umidade do grão deve ser de 11%, para posteriormente ser realizado o descasque, a seleção e o armazenamento do produto final na forma de grãos crus (BRAND, 1999).

De acordo com NAGAMATO, 2001, no processamento dos grãos por via seca, a qualidade do produto depende das condições climáticas da região produtora, da umidade relativa do ar, da temperatura bem como do índice pluviométrico.

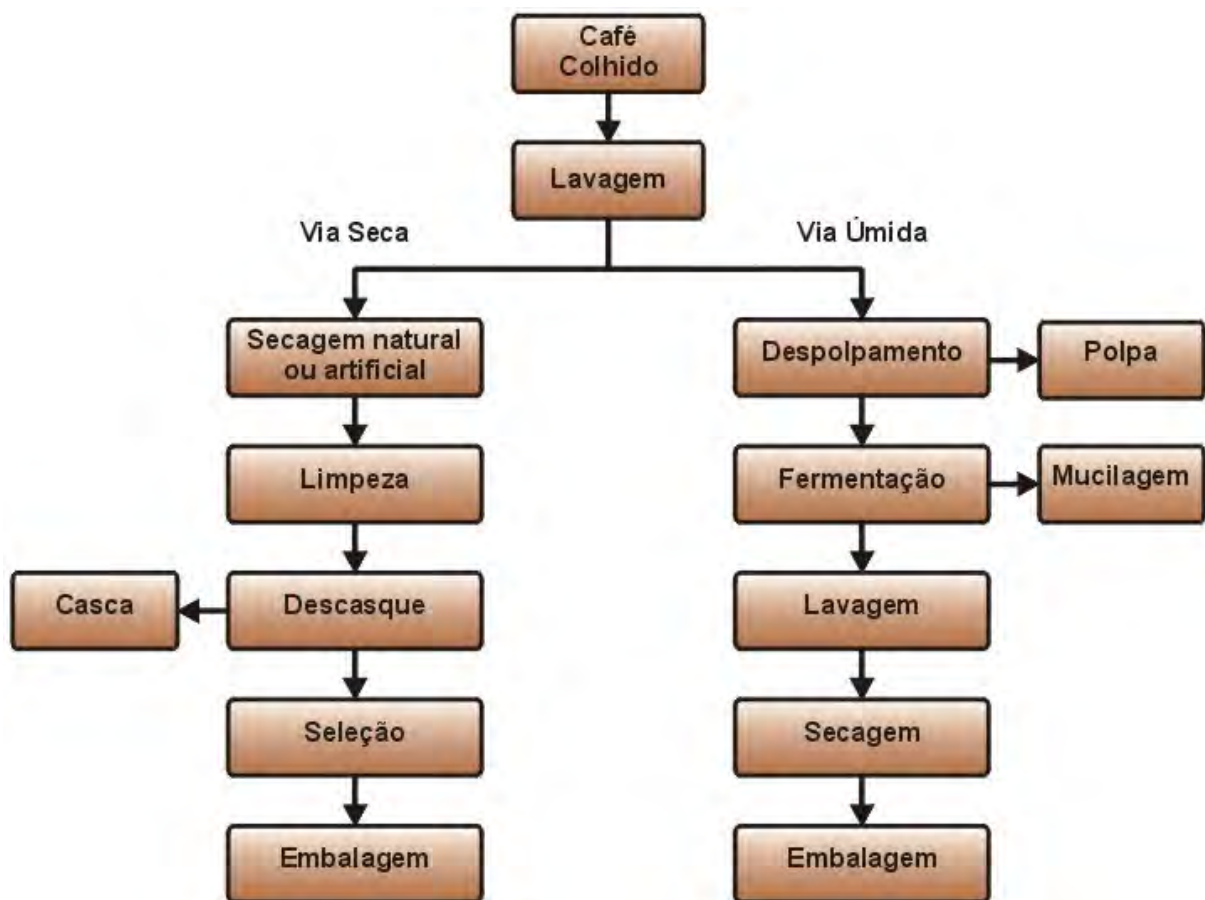
O preparo dos grãos de café arábica pelo processo via seca é feito principalmente no Brasil e como consequência, as características sensoriais da bebida ficam prejudicadas quando comparadas ao processo de preparo dos grãos por via úmida (CLARKE; MACRAE, 1985).

As transformações bioquímicas indesejáveis que ocorrem nos grãos durante e após a colheita podem originar um café de bebida inferior, devido a ocorrência de diversas reações enzimáticas e a produção de compostos indesejáveis ao sabor e

aroma. Várias enzimas degradam as paredes celulares, gerando perda de compartimentalização, podendo afetar a cor, a densidade e a acidez dos grãos (COELHO et al., 2001).

O Esquema 1 apresenta o processamento do café verde por via seca e via úmida.

ESQUEMA 01 – VIAS DE TRATAMENTO DOS GRÃOS DE CAFÉ VERDE



FONTE: CLARKE;MACRAE, 1985.

## 2.4 COMPOSIÇÃO DE “BLENDS” DOS CAFÉS NAS INDÚSTRIAS

As pesquisas relacionadas ao café têm mostrado a existência de diferenças quanto à qualidade da bebida e a composição química dos grãos, geralmente entre

as espécies de café arábica e robusta. As indústrias elaboram seus “blends” a partir de misturas de diferentes cafés arábica e robusta (PÁDUA et al., 2001).

O café robusta pode ser usado na composição dos “blends” de cafés com a função de influenciar na característica sensorial denominada “corpo” da bebida final (CLARKE; MACRAE, 1985). A característica “corpo” é definida como a sensação tátil de oleosidade e de viscosidade na boca e por sua vez a sensação de produto encorpado é característica de bebidas fortes e concentradas, produzindo uma sensação agradável (MORI et al., 1999).

As indústrias realizam os “blends” de cafés utilizando o café robusta em virtude do seu menor preço e os cafés resultantes dos “blends” apresentam diferenças na qualidade e na aceitação pelo consumidor, o que influencia diretamente o preço do produto. Com relação à bebida, o café robusta tem uma adstringência típica, enquanto que o café arábica apresenta um sabor mais suave e aromático (PÁDUA et al., 2002). As indústrias vêm investindo na utilização de melhores padrões de cafés para a elaboração de seus “blends”, geralmente utilizando misturas com composições de 20% de robusta e 80% de arábica (REZENDE et al., 2000). A principal vantagem deste procedimento está relacionada ao fato de que o café arábica apresenta melhor qualidade e o café robusta apresenta maior concentração de sólidos solúveis, enriquecendo assim o corpo da bebida, visto ser esta uma característica muito apreciada (PÁDUA et al., 2002).

Os autores PEREIRA et al., 2000 mostraram que existem diferenças significativas na composição química das espécies arábica e robusta. Em seus experimentos utilizando “blends” de café arábica e robusta os autores observaram que com o aumento na proporção do café robusta, ocorreu elevação dos polifenóis e a redução de valores da atividade enzimática e da lixiviação de potássio.

## **2.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE CAFÉ**

Vários fatores que determinam a qualidade da bebida do café são consequência da composição química dos grãos do café verde. Alguns estudos têm

sido conduzidos para identificar a presença destes componentes na formação das características desejáveis à bebida (SCHOLZ et al., 2000).

A composição química do café verde depende das condições ambientais, das práticas culturais, da época de colheita, do clima, do solo e principalmente da sua origem genética. A altitude e o sombreamento também afetam significativamente os componentes do aroma do café (SCHOLZ et al., 2000).

De acordo com estudos realizados, a altitude do local de cultivo pode retardar a maturação dos grãos, favorecendo assim um aumento do índice de acidez e dos açúcares presentes nos grãos de café (MASSON et al., 1984, SCHOLZ et al., 2000).

O café é composto por mais de 700 componentes, incluindo alcalóides como a cafeína, minerais, ácidos clorogênicos, ácidos alifáticos, lipídeos, carboidratos e amino ácidos (SOBOLÍK et al., 2002).

Os grãos de café verde possuem aproximadamente 10 a 13% de água e após o processo de torrefação, possuem cerca de 1,5 a 2% de água. Além da água, eliminada pelo processo de torrefação, existem outras centenas de substâncias que compõe o aroma do café (MATIELO, 1991).

As espécies principais de café, arábica e robusta, diferem em sua composição sendo que a variedade arábica é parcialmente constituída de 6% de ácidos clorogênicos, 14% de óleos e 1% de cafeína, enquanto que a variedade robusta é parcialmente constituída de 10% de ácidos clorogênicos, 11% de óleos e 2% de cafeína (FRANÇA et al., 2001).

O café robusta torrado possui uma quantidade maior de CO<sub>2</sub> que o café arábica torrado. Isto se deve ao fato de que o café robusta possui um teor maior de carboidratos que o café arábica. O café robusta verde contém 54,4% de carboidratos, sendo 8% de sacarose, enquanto que o café arábica verde possui 49,8% de carboidratos, sendo 4% de sacarose (ANDERSON et al., 2003).

O café possui cerca de 12% de proteínas, compreendendo os aminoácidos comuns e os aminoácidos sulfurados como a cistina e a metionina, que exercem papel importante na formação do aroma (MATIELO, 1991).

Estudos realizados por PÁDUA et al., 2001 observaram a existência de diferenças significativas nas medidas de polifenóis, pH, acidez titulável, fibra bruta e resíduo mineral fixo entre as espécies de café arábica e café robusta na forma de grãos crus.

A cafeína é o componente do café mais estudado e conhecido até o momento, pois é o principal responsável pelas propriedades estimulantes que deram popularidade à bebida (ENCARNAÇÃO; LIMA, 2003).

A cafeína está presente em quantidades variáveis nas espécies de café podendo-se observar no café arábica valores compreendidos entre 1,0 a 1,2% e no café robusta valores em torno de 1,7% (SCHOLZ et al., 2000).

A presença de grãos imaturos e de grãos pretos resultantes do processo de colheita, secagem e processamento alteram significativamente a composição química dos grãos de café e conseqüentemente a qualidade da bebida (SCHOLZ et al., 2000). No café verde, a cafeína encontra-se combinada na forma de clorogenato de cafeína e potássio (MATIELO, 1991).

O grão de café é rico em sais minerais o que corresponde de 3 a 4% no café verde e de 4 a 5% no café torrado. As cinzas compreendem os minerais como potássio, sódio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, alumínio, cobre, flúor, boro, iodo, manganês e zinco (MATIELO, 1991; ENCARNAÇÃO; LIMA, 2003).

Os grãos de café possuem vários ácidos orgânicos alifáticos, como o ácido clorogênico (4 a 8%) e os ácidos oxálico, málico, acético, tartárico, além de fenóis (taninos e flavonóides) (MATIELO, 1991).

O café é rico em óleos, dos quais o café arábica possui de 12 a 18% e o café robusta de 9 a 14%. A maior parte desses óleos (em torno de 80%) é constituída por ácido palmítico e linoléico (MATIELO, 1991). O perfil de ácidos graxos dos lipídeos do café é similar ao dos óleos vegetais comestíveis (VIDAL, 2001).

A Tabela 1 apresenta a composição química dos diversos constituintes dos grãos de café arábica e café robusta em base seca do produto.

TABELA 01 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE CAFÉ

COMPONENTES	TEOR (% DA MATÉRIA SECA)	
	ARÁBICA	ROBUSTA
Cafeína	0,6 a 1,5	1,6 a 2,7
Trigonilina	1,0	1,0
Cafeol	0,7 a 1,1	-
Ac. Clorogênicos	6,2 a 7,9	7,4 a 11,2
Sacarose e açúcares redutores	5,3 a 9,3	3,7 a 7,1
Aminoácidos livres	0,4 a 2,4	0,8 a 0,9
Polissacarídeos	46,0 a 59,0	43,0 a 54,0
Proteínas	12,0	12,0
Lipídeos	12,0 a 16,0	10,0 a 12,0
Outros ácidos	2,0	2,0
Minerais	4,0	4,0

FONTE: MATIELLO, 1991.

A Tabela 2 apresenta valores do teor de lipídeos em espécies de café arábica e robusta na forma de grãos crus e torrados.

TABELA 02 – TEOR DE LIPÍDEOS EM GRÃOS DE CAFÉ

TIPO DE CAFÉ	TEOR DE LIPÍDEOS NOS GRÃOS (% BASE SECA)
Arábica verde	12,0-18,0
Arábica torrado	14,5-20,0
Robusta verde	9,0-13,0
Robusta torrado	11,0-16,0

FONTE: LAGO, 2001.



## 2.6 PROCESSO DE TORREFAÇÃO DO CAFÉ

O café verde não contém o aroma característico do café torrado e uma infusão aquosa de seus grãos é amarga e desagradável ao paladar. Contudo, o aquecimento controlado desses grãos conduz a uma série de reações químicas dando origem aos vários compostos aromáticos responsáveis pelo sabor e o aroma da bebida. O processo de pirólise moderada dos grãos é denominado de torrefação (FRANÇA et al., 2002). A pirólise é uma reação química provocada pela alta temperatura, sem a presença do oxigênio, modificando a composição química e o aspecto exterior do grão de café, desenvolvendo o aroma, a cor e o sabor do produto.

A qualidade da bebida do café percebida pelos seus provadores está diretamente relacionada ao aroma, ao sabor e à mudanças químicas que ocorrem no café verde quando este é submetido ao processo de torrefação. Os fatores que influenciam essas mudanças podem estar relacionados à origem e ao tipo de café verde, à temperatura, à técnica e aos processos de torrefação utilizados (HUGHES; THORPE, 1987).

### 2.6.1 – Etapas do processo de torrefação do café

A torrefação é a etapa mais importante no processamento do café (LERICI et al., 1978; MASSINI et al., 1990), pois é através dela que ocorre o desenvolvimento dos aromas que resultam num café de boa qualidade. O processo de torrefação envolve reações de pirólise, acompanhadas por mudanças físico-químicas nos grãos de café (MASSINI et al., 1990; PINTO et al., 2001). Alguns mecanismos químicos complexos encontram-se envolvidos na produção das características da cor, sabor e aroma do café, devido à reações de síntese e degradação de compostos precursores presentes no grão cru (PINTO et. al, 2001). O processo de torrefação do café é responsável por mudanças físico-químicas, dentre as quais podemos citar a reação de Maillard (ANESE et. al, 2000).

Estão presentes nos grãos do café açúcares, ácidos, proteínas e compostos nitrogenados que reagem a altas temperaturas de torrefação (HUGHES; THORPE, 1987) e portanto sendo necessário adequar o processo de torrefação ao tipo de café a ser torrado (MENDES et. al, 2001).

O processo de torrefação industrial pode ser dividido em três etapas consecutivas: secagem, torrefação e resfriamento.

#### *a) Secagem*

A etapa de secagem é caracterizada pela liberação de água e de compostos voláteis originalmente presentes nos grãos. Esta etapa é lenta e responsável por aproximadamente metade do tempo total do processamento. Durante este período, a cor dos grãos varia de verde para amarelo e a temperatura nos grãos não ultrapassa à 100°C (VITAL, 2001; FRANÇA et al., 2002).

#### *b) Torrefação*

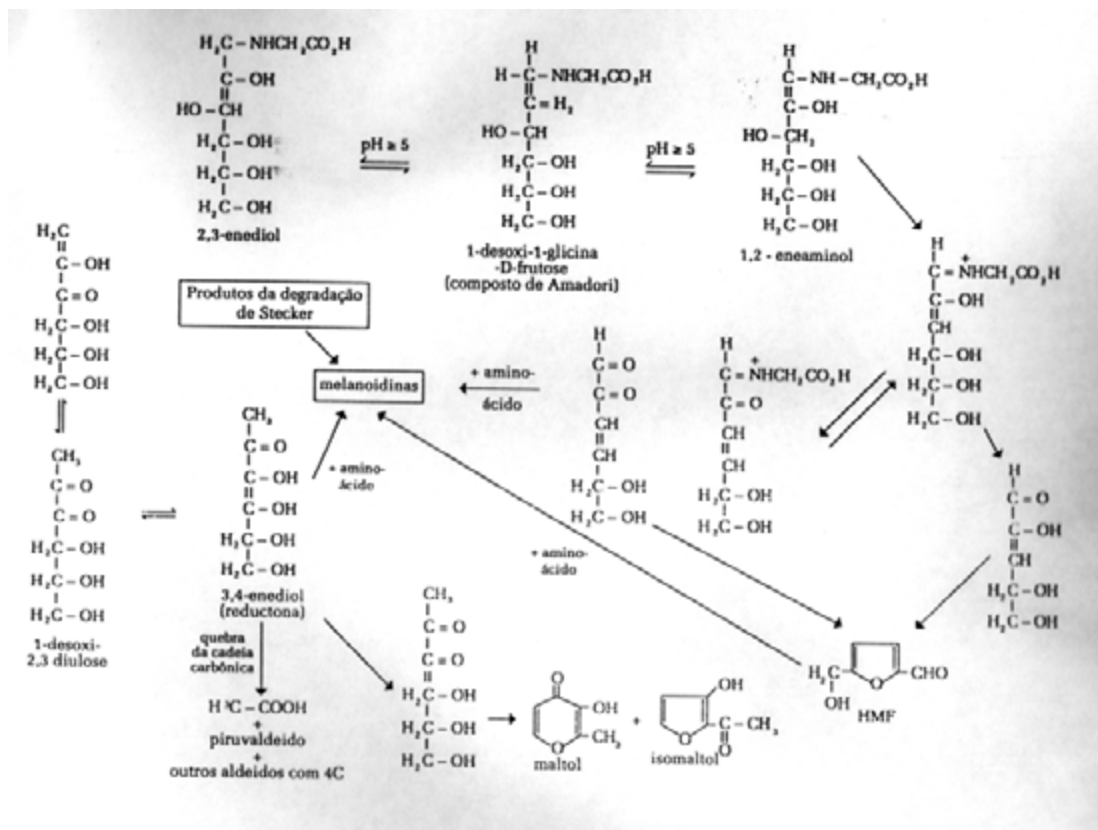
A etapa de torrefação caracteriza-se por reações de pirólise as quais causam modificações drásticas na composição química dos grãos, acompanhada da liberação de grandes quantidades de gás carbônico, água e compostos voláteis. Grande parte dessas reações está associada à reação de Maillard e a degradação de Strecker com a formação de moléculas de baixo peso molecular associadas ao aroma. As melanoidinas, material colorido de alto peso molecular são formadas nesta etapa. A temperatura dos grãos varia de 160°C a 230°C e o escurecimento dos grãos observado deve-se à caramelização dos açúcares. Durante esta etapa o volume dos grãos aumenta, chegando por vezes a duplicar seu tamanho (VITAL, 2001; FRANÇA et al., 2002; ANDERSON et al., 2003).

Em torradores convencionais, geralmente são utilizadas temperaturas na faixa de 200°C a 230°C e o tempo de torrefação variando de 12 a 20 minutos. Entretanto esses valores podem variar dependendo do grau de torrefação desejado (claro,

médio ou escuro), do tipo de torrador usado, da variedade, da idade e da umidade dos grãos (MENDES et al., 2001).

O mecanismo que será apresentado a seguir apresenta a reação de Maillard associada a Degradação de Strecker ocorrida durante o processo de torrefação do café.

### MECANISMO DE REAÇÃO 01 - REAÇÃO DE MAILLARD E DEGRADAÇÃO DE STRECKER



FONTE: BOBBIO; BOBBIO, 1992.

#### c) Resfriamento

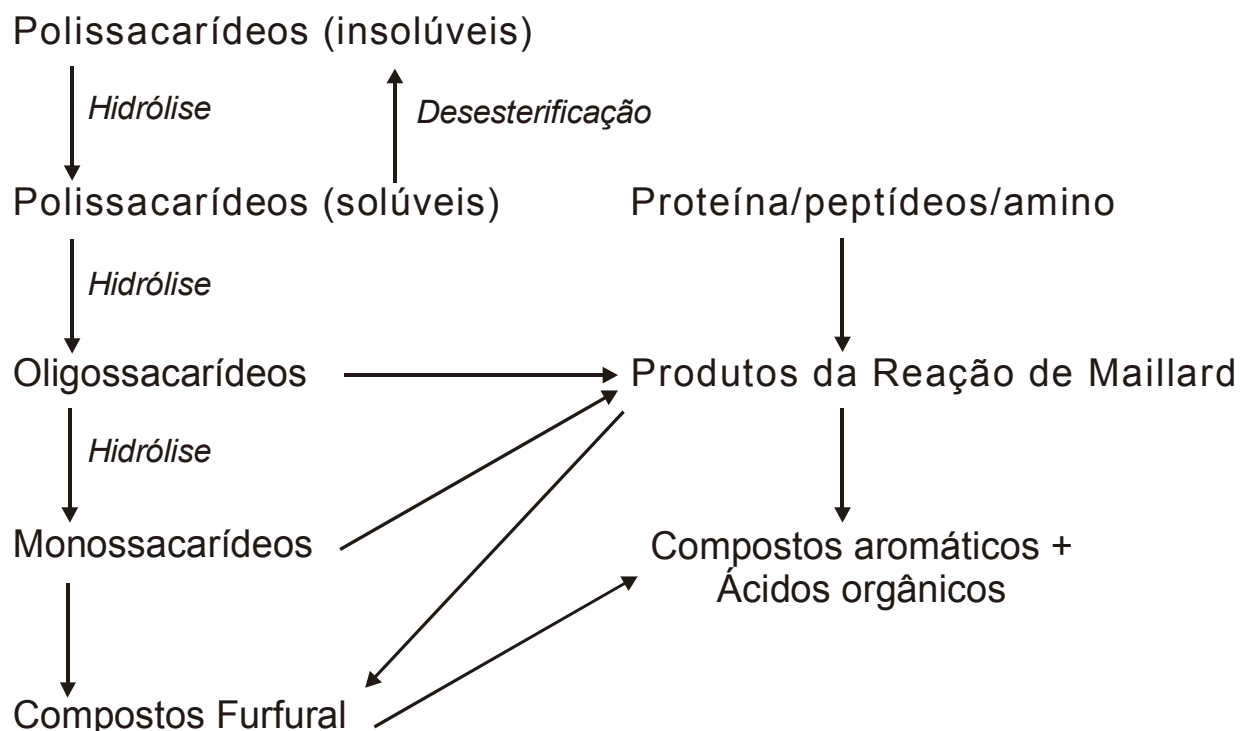
A partir da etapa do processo de torrefação, tem início o resfriamento imediato dos grãos para evitar a carbonização dos mesmos. Este resfriamento pode

ser efetuado por meio de injeção de ar frio ou aspersão de água (VITAL, 2001; FRANÇA et al., 2002).

### 2.6.2 – Principais reações químicas ocorridas na torrefação

Do ponto de vista macroscópico, o café submetido à torrefação sofre as seguintes mudanças: a coloração do grão é alterada de verde a marrom, o volume do grão tem um aumento de 30 a 50% do seu volume inicial e o peso diminui de 16 a 20% do seu valor inicial, não só devido à perda de água, mas também devido à pirólise de vários constituintes (LERICI et al., 1978). A seguir, será apresentado o mecanismo das reações de conversão dos polissacarídeos ocorridas durante o processo de torrefação dos grãos de café.

#### MECANISMO DE REAÇÃO 02 – PIRÓLISE DOS GRÃOS DE CAFÉ



FONTE: OOSTERVELD et al., 2003.

O grau de torrefação causa importantes mudanças químicas que afetam as propriedades organolépticas da bebida do café. Com o aumento do grau de torrefação, a bebida apresenta um notável acréscimo nos valores do pH. A coloração dos grãos muda durante a torrefação ao mesmo tempo em que ocorre a perda de massa e surge o aroma de café torrado (DA PORTO et al., 1991). O grau de torrefação pode ser acompanhado pela coloração dos grãos e/ou perda de massa e pelo aroma e sabor desenvolvidos através das mudanças químicas de certos componentes (MENDES et al., 2001). A coloração dos grãos pode ser medida através da reflectância da luz, ou apenas por inspeção visual (DUTRA et al., 2001).

Nos processos de torrefação utilizando temperaturas menores obtêm-se grãos com cores menos intensas e com maior acidez. A torrefação à altas temperaturas traz a desvantagem de tornar o grão mais quebradiço, o que resulta em maior quantidade de finos durante o processo de moagem. Isto ocorre devido à destruição nas paredes das células dos grãos torrados enfraquecendo a sua resistência estrutural (MASSON et al., 1984).

O conjunto das transformações que ocorrem na torrefação, tornam o café higroscópico e susceptível à oxidação e por esse motivo, devem ser tomados cuidados especiais no acondicionamento e na estocagem do produto. O aumento no teor de umidade do café torrado dificulta a moagem, acarreta sensível perda de aroma e a partir de concentrações superiores a 10% de água na superfície do grão torrado, pode ocorrer o desenvolvimento de microrganismos (CABRAL; FERNANDES, 1982).

Durante a torrefação, há uma perda de massa dos grãos, que varia de 14% para torrefação suave e 20% para torrefação escura. O teor de umidade varia de 11 a 12% para os grãos verdes e de 2,4 a 4% para os grãos torrados (FRANÇA et al., 2002).

O dióxido de carbono é o gás produzido em maior quantidade durante a torrefação, correspondendo a 87% dos gases produzidos. A quantidade de dióxido de carbono depende do tipo de café e das condições utilizadas para a torrefação. O dióxido de carbono é formado como o resultado de diversas reações, incluindo a degradação de Strecker, a pirólise dos açúcares e as reações de Maillard (ANDERSON et al., 2003).

Os carboidratos constituem cerca de 50 a 60% do peso do café verde e durante o processo de torrefação, eles estão sujeitos a diversas modificações que dependem da severidade do processo empregado na torrefação (SABBAGH; YOKOMIZO, 1976).

O café arábica possui um teor maior de açúcares que o café robusta e com o aumento do grau de torrefação, há um aumento da degradação desses componentes, o que parece ser proporcional também à severidade do processo empregado (SABBAGH; YOKOMIZO, 1976).

O nível de proteínas no café “in natura” está entre 10 e 13% e a torrefação desnatura e insolubiliza a maior parte destas proteínas causando uma pequena perda em seu conteúdo (VIDAL, 2001). O sabor e o aroma do café torrado são em grande parte caracterizados pelos produtos da quebra e interação dos aminoácidos derivados destas proteínas. As análises dos aminoácidos presentes após a hidrólise ácida no café verde, evidenciaram um decréscimo acentuado no teor de arginina, cisteína, lisina, serina e treonina após a torrefação (FRANÇA et al., 2001).

Os ácidos orgânicos têm papel importante no paladar da bebida e após a torrefação, os principais ácidos presentes no café são o acético e o fórmico, os quais são gerados após a pirólise dos carboidratos. Estes compostos contribuem decisivamente para os baixos valores de pH da bebida (VIDAL, 2001).

Os ácidos clorogênicos são uma classe de compostos susceptíveis à decomposição durante a torrefação, sendo a maior parte deles degradada, originando os compostos aromáticos. Os compostos polifenólicos gerados são altamente reativos e participam da produção do material polimérico marrom encontrado no café torrado (VIDAL, 2001).

A acidez titulável aumenta em função da formação de ácidos, principalmente quando estes são submetidos à decomposição térmica e reduzidos a ácidos carboxílicos gerando dióxido de carbono (LOPES et al., 2000).

A hidrólise dos trigliceróis durante a torrefação leva a produção de ácidos graxos livres e após uma reação de auto oxidação contribuem para a característica de rânco do café, enquanto aqueles de cadeia longa contribuem para um paladar semelhante ao de sabão (VIDAL, 2001).

Não existem mudanças significativas dos minerais presentes durante a torrefação e a maioria dos elementos são extraídos durante o preparo da bebida doméstica e/ou por extração comercial (PINTO et al., 2000).

Os lipídeos são pouco afetados pela torrefação, mantendo o percentual em matéria seca praticamente inalterado. Um aumento no seu teor é observado em função da degradação de outros compostos como as proteínas e os polissacarídeos (VIDAL, 2001).

A maior parte dos carboidratos poliméricos, lipídeos, cafeína e sais inorgânicos permanecem após o processo de torrefação (VIDAL, 2001). Dados relativos à cafeína no grão verde e torrado indicam que a perda de massa ocorre provavelmente mais por sublimação do que por decomposição térmica (FRANÇA et al., 2001).

O processo de torrefação é adequado quando a temperatura dos grãos atinge cerca de 200°C. Quanto maior a temperatura de torrefação, maior a diminuição no conteúdo de terpenos livres e cerca de 80% do conteúdo inicial destes compostos é perdida neste processo (VIDAL, 2001).

Durante o processo de torrefação, vapor de água, dióxido de carbono e outros compostos voláteis são desenvolvidos no interior do grão, causando uma pressão interna e conseqüentemente a dilatação dos mesmos (MASSINI et al., 1990). O gás carbônico no interior dos grãos é liberado após o processo de moagem (PÁDUA et al., 2002).

### **3 PERDA DE QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO**

De acordo com KOELSCH et al., 1991; HASENHUETTL; WAN, 1992; LINDLEY, 1998, após a degradação microbiológica, a oxidação de compostos que leva a rancidez é a segunda maior causa de deterioração de alimentos. A rancidez é percebida através dos “off flavours” causados pelas reações de oxidação e hidrólise de certos componentes que levam o produto à condições inaceitáveis de consumo (TAWFIK; HUYGHEBAERT, 1997).

O envelhecimento do café torrado e moído é um fenômeno resultante de uma série de reações de degradação que ainda não estão completamente esclarecidas (NICOLI et al., 1993), visto que um grande número de fatores interagem causando o envelhecimento do produto (ZANONI; PAGLIARINI, 1992).

O envelhecimento do café foi associado, por diferentes autores, a diversas mudanças químicas na composição da fração de compostos voláteis do produto. Alguns voláteis como furanos, tiofenos e hidrocarbonetos alifáticos diminuem sua concentração com o tempo devido as reações de oxidação, enquanto que outro grupo de compostos voláteis aumentam a concentração com o tempo, possivelmente por serem produtos resultantes de outras reações (CHÁFER et al., 1998).

Neste sentido, a perda dos compostos voláteis descrita em literatura permite prever um comportamento similar para os ácidos voláteis. Alguns autores observaram um aumento da acidez durante o armazenamento do café, o qual pode estar relacionado a distinta aeração das embalagens e a perda de compostos voláteis tais como aldeídos capazes de converter-se em ácidos por reações de oxidação em contato com o oxigênio atmosférico (CHÁFER et al., 1998).

Uma das principais reações de envelhecimento do café que ocorre no armazenamento é a oxidação dos lipídeos, o que causa importantes modificações no sabor e odor, levando a perda de qualidade do produto (CHÁFER et al., 1998).

Em estudo realizado por PÁDUA et al., 2002 com espécies de café arábica e robusta denominadas de torrefação média escura e armazenadas a 25°C, os autores constataram através de avaliação sensorial que o café adquiria um sabor de “ranço” após 60 dias de armazenamento, provavelmente devido a algum tipo de rancificação do produto causado pelas reações de oxidação.

Segundo ALVES et al., 2000, durante o armazenamento do café torrado e moído existe uma redução do percentual de oxigênio que provavelmente é devido às reações de oxidação e ocorre em torno de 21 a 42 dias de armazenamento e depende do teor de oxigênio residual no produto.

A velocidade da reação de degradação do café depende principalmente da temperatura de estocagem, do teor de umidade, do grau de torrefação e do



tratamento dado ao produto antes do acondicionamento (ANJOS et al., 1999). O café entretanto, pode ser considerado um produto de vida-de-prateleira longa se alguns cuidados forem tomados nas etapas de processamento, principalmente na torrefação, na moagem, no acondicionamento e na distribuição final (ANJOS et al., 1999). Estudos realizados com diferentes materiais de envase e atmosfera modificada mostraram a importância do acondicionamento sobre o possível envelhecimento do produto (CHÁFER et al., 1996).

A oxidação do café inicia-se nos grãos crus e reflete-se nas características do produto final. Devendo ser levado em consideração também o tempo de exposição do produto após a abertura da embalagem durante a sua utilização a nível doméstico (NICOLI et al., 1993).

A moagem é outro fator determinante para a preservação da qualidade do café, pois com a ruptura das células ocorre a exposição do conteúdo celular às diversidades do ambiente de armazenamento, favorecendo dessa maneira a ocorrência das reações químicas. O café torrado e moído, em estágios mais avançados de deterioração, adquire um odor de tabaco, com perda total do seu aroma característico (PÁDUA et al., 2002).

O café torrado envelhece de cinco a dez vezes mais rápido que o café verde e a quantidade dos compostos voláteis do café moído variam mais rapidamente que nos grãos, mesmo hermeticamente fechados. A temperatura de armazenamento é de grande importância para manter a qualidade do produto (KALLIO et al., 1990).

A qualidade do café acha-se estreitamente relacionada aos diversos constituintes físico-químicos, responsáveis pelo sabor e aroma característicos da bebida. Dentre os compostos químicos vale ressaltar os açúcares, os ácidos, compostos fenólicos, cafeína, compostos voláteis, lipídeos, proteínas, algumas enzimas, cuja presença, teores e atividades conferem ao café sabor e aroma peculiares (PINTO et al., 2001). A qualidade do café também está relacionada ao sistema de cultivo, a época da colheita, ao preparo, ao armazenamento bem como a torrefação dos grãos (PIMENTA; VILELA, 2002; PÁDUA et al., 2002).

O teor de umidade do café determina a intensidade com a qual os fenômenos de deterioração são produzidos. Assim, um dos poucos parâmetros qualitativos

indicados pela legislação é o teor máximo de água, em café torrado e moído, de 6% (PÁDUA et al., 2002). O café torrado e moído geralmente tem um teor de umidade em torno de 3% e possui uma atividade de água baixa, cerca de 0,2. Este é um produto bem higroscópico e particularmente sensível à umidade, na medida em que esta facilita a deterioração do aroma que lhe é característico. Foi demonstrado através de isotermas de adsorção que a 6,2% de umidade inicia-se o processo de aglomeração do produto, e a 6,5% de umidade o café torrado e moído se deteriora rapidamente (ANJOS et al., 1999).

A acidez total da bebida do café é uma das características que tem sido utilizada para avaliar a sua qualidade (VAN DER STEGEN; VAN DUIJN, 1987). Em estudos realizados, foi observado um aumento da acidez com a diminuição da qualidade do café (PÁDUA et al., 2001). A alteração da acidez em café torrado e moído depende do tempo de contato deste com o oxigênio (ZANONI; PAGLIARINI, 1992) e pode ser usado como um indicador de vida-de-prateleira do produto. A determinação da acidez total da bebida é simples e não há a necessidade de aparatos analíticos (BAESSO et al., 1990). O ácido cítrico e o ácido acético contribuem para o valor da acidez titulável no extrato do café. Entretanto, a acidez pode ser afetada por muitos outros fatores, incluindo a espécie, o tipo de processamento do grão verde, a idade do grão e o grau de torrefação (DA PORTO et al., 1991).

A variedade e a origem dos grãos de café, as condições de armazenamento bem como os processos de torrefação são controlados tanto pelos produtores como fabricantes. A maior parte das alterações químicas que ocorrem após o processo de torrefação devem ser consideradas como insatisfatórias e os fatores críticos na prevenção da rancidez do café são a temperatura de armazenamento, a estocagem, a penetração do oxigênio e a perda dos compostos voláteis através da difusão (KALLIO et al., 1990).

Para prolongar a vida-de-prateleira deste produto, têm sido desenvolvidos e utilizados diversos sistemas de embalagens tais como embalagens laminadas com altas barreiras cujo objetivo é de aumentar a vida útil do produto. De acordo com o grau de proteção oferecido por estas, tem-se a diminuição da perda de compostos voláteis e a oxidação do café (ANJOS et al., 1999).

A taxa de oxidação medida a 30°C pode ser o dobro da taxa de oxidação medida a 20°C. No que diz respeito à luz, tem-se que a foto oxidação também pode causar alterações nos produtos induzindo a formação de novos sabores, provenientes das reações de oxidação das proteínas, aminoácidos e lipídeos (ADELL, 1995).

A inexistência de padrões para a averiguação das condições ideais de armazenamento do café torrado e moído vêm dificultando o controle de qualidade dos cafés, tornando possível a permanência deste produto num período maior de exposição para a venda (PÁDUA et al., 2002).

#### **4 OXIDAÇÃO DOS LIPÍDEOS – RANCIDEZ OXIDATIVA**

A rancidez oxidativa é um dos fatores críticos que afetam a qualidade do produto processado. Esta reação ocorre em lipídeos que contém ácidos graxos insaturados e que podem sofrer oxidação, degradação e polimerização por um mecanismo via radicais livres levando a formação de aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois, hidrocarbonetos, etc., responsáveis pelas características organolépticas e físico-químicas associadas a este tipo de rancificação (HASENHUETTL; WAN, 1992; BOBBIO, BOBBIO, 1992).

##### **4.1 MECANISMO DE AUTO OXIDAÇÃO DOS LIPÍDEOS**

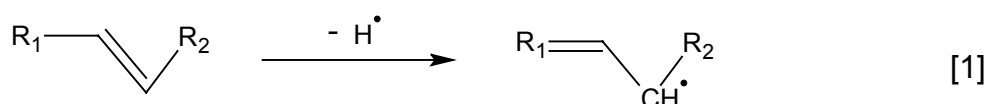
O mecanismo de auto oxidação dos lipídeos pode ser descrito pelas seguintes etapas: Os radicais livres (R), são formados através das moléculas de lipídeos (RH) pela reação com o oxigênio em presença de um catalisador como por exemplo, a luz e o calor. Os radicais livres reagem com o oxigênio para formar os radicais peróxi lípidos (ROO) os quais reagem posteriormente formando os hidroperóxidos (ROOH). Os peróxi lípidos são chamados de produtos de primeira oxidação e podem ser usados como indicadores da qualidade e estabilidade dos óleos. Os peróxidos são instáveis e se decompõem, resultando no acúmulo de

produtos de oxidação secundária, como aldeídos, cetonas e dienos conjugados (THOMAIDIS; GEORGIU, 1999).

A seguir será apresentado o mecanismo detalhado de auto oxidação dividido em três etapas distintas denominadas de iniciação, propagação e terminação.

#### 4.1.1 Etapa de Iniciação

O mecanismo da reação inicia-se com a formação de um radical livre no carbono alílico pela retirada do hidrogênio da molécula de lipídeo.

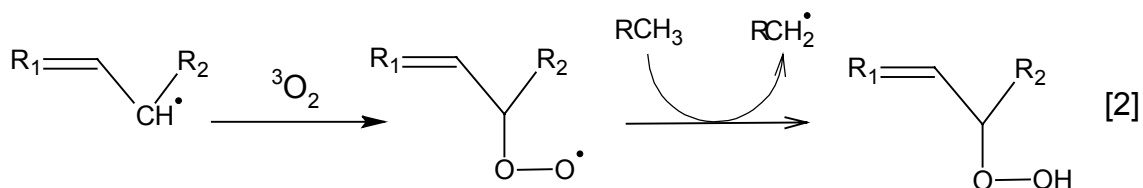


Diferentes processos de iniciação produzem diferentes radicais livres iniciais. Durante a fase de iniciação o número de radicais livres tende a aumentar ao longo do tempo. O processo de iniciação tem um pequeno efeito nas etapas subsequentes, apesar de controlar a extensão do mecanismo de reação (BOBBIO, BOBBIO, 1992; WHEATLEY, 2000). Na etapa de iniciação o consumo de oxigênio é baixo havendo também uma baixa concentração de peróxidos no meio reacional. As mudanças organolépticas no produto não são percebidas nesta etapa (BOBBIO, BOBBIO, 1992; WHEATLEY, 2000).

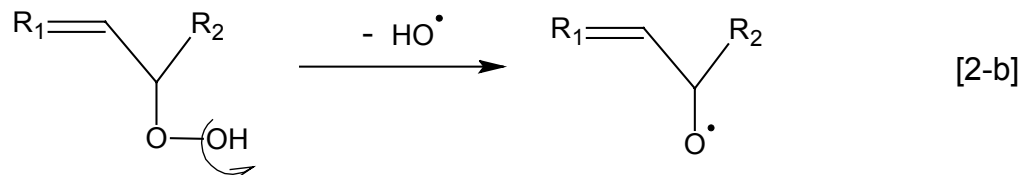
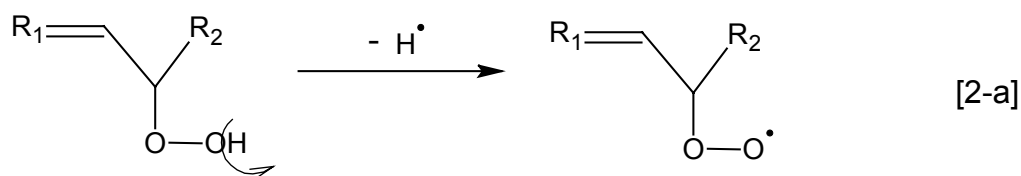
#### 4.1.2 Etapa de Propagação

O radical livre produzido na etapa de iniciação é submetido a uma mudança de estrutura de 1,4-pentadieno para 1,3-pentadieno que reage com o oxigênio tripleto, presente em maior quantidade e mais estável no oxigênio da atmosfera, para produzir o radical peróxido lipídeo. Este radical pode separar a molécula de hidrogênio, sendo que desta forma, ocorre a propagação da cadeia (Equação 2). A

cadeia de polialcenos separada por mais de um grupo metileno, não sofre o processo de conjugação (WHEATLEY, 2000).



Os compostos lipoxigenases são oxiredutases que catalisam a conversão dos ácidos graxos polinsaturados à sua forma hidroperóxido. A peroxidação ocorre predominantemente em duas trocas de posição, em que o último átomo de carbono antes da primeira dupla ligação passa para o final da molécula (WHEATLEY, 2000).



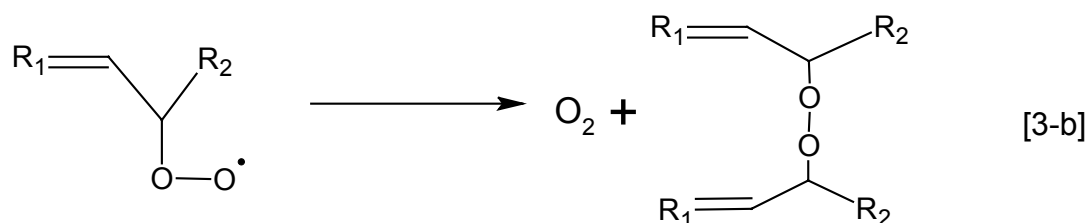
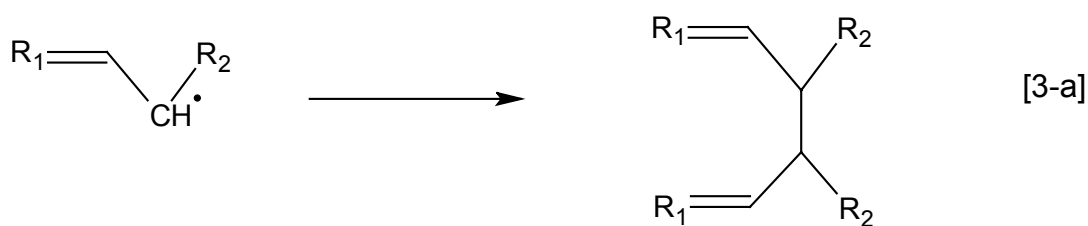
A quebra do hidroperóxido a alkilperóxido (Equação 2-a) e os radicais alcoxi (Equação 2-b) são responsáveis pela propagação da cadeia e também pela formação de álcoois secundários, cetonas, incluindo aldeídos de cadeias curtas conforme será apresentado no Mecanismo de Reação 3. Os principais produtos da auto oxidação a partir do ácido linoléico são pentano, pentanal, hexanal, hept-2-enal, oct-2-enal, deca-2,4-dienal e os principais produtos da auto oxidação do ácido linolênico são propanal, deca-2,4,4-trienal, hepta-2,4-dienal, prop-2-enal, etil furanona e pent-2-enal. A mistura dos trigliceróis resulta em produtos de auto oxidação que usualmente refletem na composição do ácido graxo. Um exemplo da reação de peroxidação em cascata do ácido linoléico produzindo hexanal pode ser visualizado no Mecanismo de Reação 3 (WHEATLEY, 2000).

O Mecanismo de Reação 3, descreve o processo de peroxidação da molécula do lipídeo, responsável pela mudança da dupla ligação nas moléculas do ácido graxo, ocasionando o aparecimento dos dienos conjugados e de novos grupos funcionais. Isto mostra como alguns dos produtos destas reações podem ser detectados através de técnicas analíticas como a Fluorescência de Raios-X, Quimiluminescência e Espectrofotometria UV-Visível (WHEATLEY, 2000).

Na etapa de propagação, ocorre um elevado consumo de oxigênio, a concentração dos peróxidos cresce rapidamente e inicia-se a sua decomposição. As alterações organolépticas por meio do odor e sabor também são expressivas nesta etapa (BOBBIO, BOBBIO, 1992).

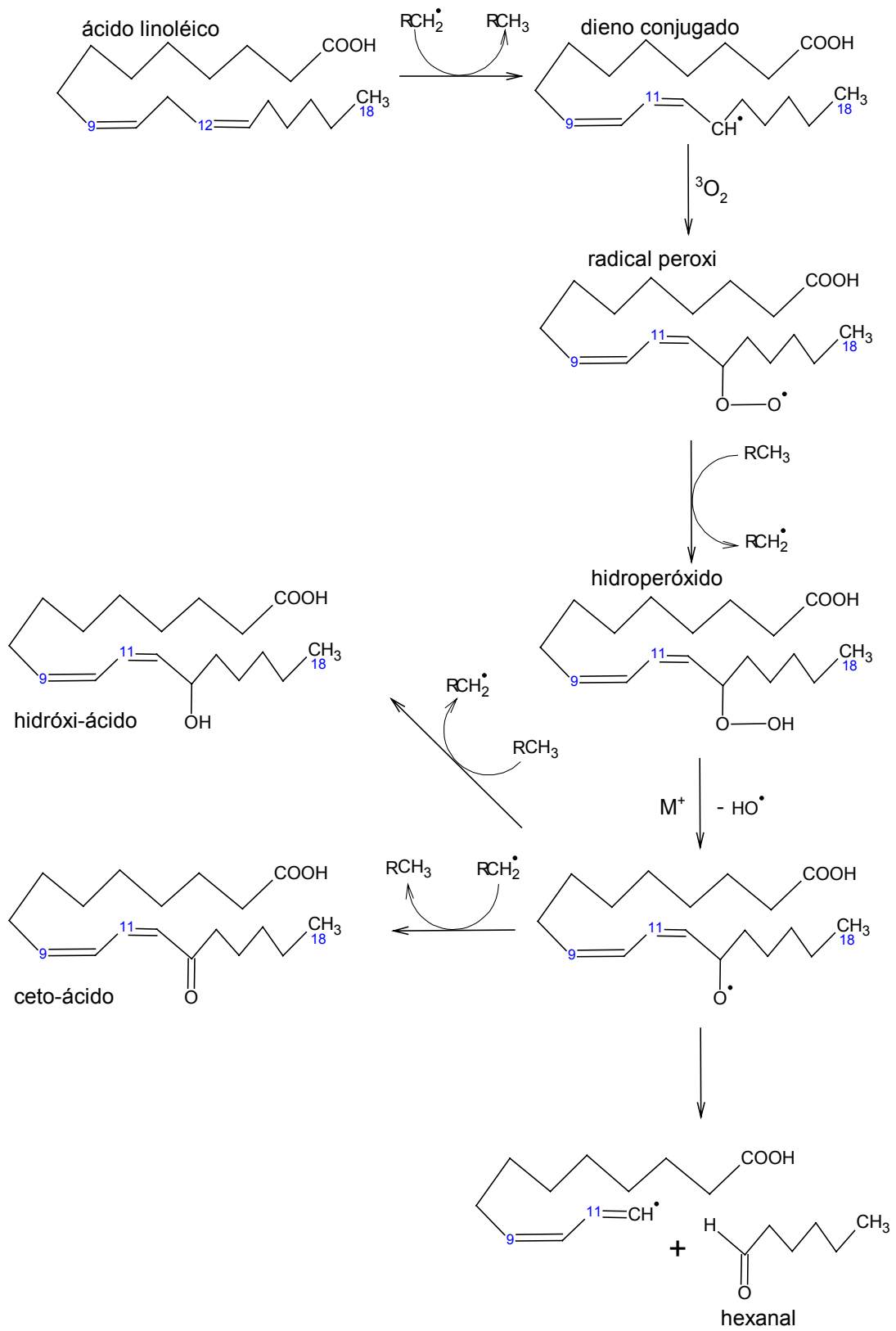
#### 4.1.3 Etapa de Terminação

O mecanismo de reação em cadeia é terminado pelas reações entre os próprios radicais produzindo dímeros e polímeros. A combinação de dois radicais é um processo que requer baixa energia de ativação. Esta ocorrência é limitada pela concentração de radicais, quando estes são requeridos para interagir num centro ativo específico das moléculas (ZAMBIAZI, 1999; WHEATLEY, 2000).



Nesta etapa o consumo de oxigênio tende a cair, a concentração dos peróxidos diminui e ocorre uma forte alteração organoléptica do produto (BOBBIO, BOBBIO, 1992).

MECANISMO DE REAÇÃO 03 – PEROXIDAÇÃO DO ÁCIDO LINOLÉICO



FONTE: WHEATLEY, 2000.

Existem várias técnicas analíticas que podem ser usadas para a determinação da qualidade dos óleos. Os métodos mais tradicionais como Acidez do óleo, o Índice de peróxido e a Absorção no ultravioleta são utilizadas para medir a oxidação dos lipídeos (THOMAIDIS; GEORGIU, 1999).

## 4.2 ACOMPANHAMENTO DA RANCIDEZ OXIDATIVA

### 4.2.1 – Índice de Peróxido

Os peróxidos são indicadores da rancidez oxidativa nos alimentos e por sua vez a rancidez oxidativa é causada pelo ataque do oxigênio aos ácidos graxos insaturados e é associada aos “off flavours” do produto (THOMAIDIS; GEORGIU, 1999; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Existem numerosas técnicas analíticas que podem ser usadas para medir o índice de peróxido e em todos os casos, os resultados e a precisão dependem das condições experimentais. Os métodos comumente usados para as medidas do índice de peróxidos têm por base a titulação iodométrica, a qual mede o iodeto liberado da solução de iodeto de potássio que se dissocia em íons potássio e iodeto. O íon potássio reage com a molécula do peróxido presente no óleo e o iodeto é titulado pela solução de tiosulfato de sódio. As duas principais fontes de erros contidas nessas metodologias são a absorção do iodo nas ligações insaturadas dos ácidos graxos e a liberação de iodo do iodeto de potássio devido à presença de oxigênio na solução (ALLEN; HAMILTON, 1994).

Como os hidroperóxidos são os primeiros produtos formados na reação de oxidação dos lipídeos, o seu conteúdo denominado de valor de peróxido, é freqüentemente usado como indicador do estágio inicial da reação de oxidação. No entanto, o índice de peróxidos não pode ser usado para o acompanhamento das reações de oxidação em lipídeos armazenados a altas temperaturas, devido a decomposição dos peróxidos nessa condição (SHAHIDI et al., 1994). Medidas do índice de peróxido em óleo extraído do café foram apresentadas na literatura onde



verificou-se a influência do grau de torrefação bem como o efeito da descoloração do óleo de café sobre essa medida.

#### 4.2.2 – Índice de acidez em óleos

O índice de acidez em óleos é definido como o número de miligramas de hidróxido de sódio necessários para neutralizar os ácidos livres de 1g de amostra. O índice de acidez é uma medida quantitativa do conteúdo de ácidos graxos livres presentes no óleo e o seu valor depende da escolha da variedade do café, da região e do solo no qual é cultivado e das condições climáticas entre outros. Este índice também indica o estado de conservação dos lipídeos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985; PINTO et al., 2000).

#### 4.2.3 – Dienos Conjugados

A medida quantitativa dos dienos conjugados é largamente utilizada para a determinação da oxidação primária de óleos e gorduras. A peroxidação de ácidos graxos insaturados é acompanhada pela mudança da dupla ligação na formação dos hidroperóxidos conjugados. Esta estrutura conjugada absorve fortemente a luz ultravioleta com comprimento de onda na faixa de 232 a 234nm (SHAHIDI et al., 1994; ALLEN; HAMILTON, 1994; KULAS; ACKMAN, 2001).

A metodologia para determinação de dienos conjugados é mais rápida e simples que a determinação do índice de peróxido, pois requer uma quantidade pequena de amostra. Entretanto, o valor dos dienos conjugados depende da composição de ácidos graxos da amostra, e não pode ser usado diretamente na comparação do estado de oxidação de outras espécies (KULAS; ACKMAN, 2001).

Os dienos conjugados podem eventualmente ter seu valor reduzido devido à interferência de biomoléculas que podem ser absorvidas na mesma região do espectro avaliado (WHEATLEY, 2000).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 MATERIAIS

#### 5.1.1 Matéria prima

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas amostras de café das espécies arábica e robusta provenientes da Cia Iguaçu de Café Solúvel.

##### a) Torrefação da matéria prima

As amostras de café utilizadas neste trabalho foram torradas em torrador de escala piloto nas dependências da Cia Iguaçu de Café Solúvel. Cada tipo de matéria prima foi submetida a dois processos com graus de torrefações diferentes; uma “torrefação média” e outra “torrefação escura”. As faixas de tempo e temperatura estão dentro dos valores indicados na literatura por MENDES et al., 2001.

O grau de torrefação foi medido através de um equipamento Photovolt Modelo 577 através de medidas do índice de reflectância da luz (CLARKE, MACRAE, 1985). O valor numérico encontrado para a “torrefação média” foi de 45IR e o valor numérico encontrado para a “torrefação escura” foi de 35IR.

##### b) Moagem da matéria prima

Após a etapa de torrefação, as amostras foram moídas permanecendo em repouso o tempo suficiente para a remoção do gás carbônico que foi produzido no processo de torrefação, evitando o aumento de volume das embalagens (AMSTALDEN; LEITE, 2001).

### c) Envase da matéria prima

As amostras de café torrado e moído foram envasadas em embalagens compostas de Polietileno Tereftalato / Alumínio / Polietileno de baixa densidade - PET/ALUM/PEBD do tipo almofada com 250g cada e encaminhadas para as análises. O número total de amostras de café utilizado para as análises foi de 160 pacotes.

#### 5.1.2 Armazenamento da Matéria Prima

As amostras de café arábica e robusta foram armazenadas em duas condições diferentes de temperatura. Metade das amostras, ou seja, 80 pacotes de café torrado e moído permaneceram em prateleira à temperatura ambiente e os outros 80 pacotes em estufa a temperatura programada de  $38 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . No período avaliado, a temperatura ambiente média mínima foi de  $10^\circ\text{C}$  e a temperatura média máxima foi de  $30^\circ\text{C}$ , nesse caso, considerou-se a temperatura de armazenamento ambiente de  $25^\circ\text{C}$ . Diversos trabalhos publicados mostraram que as temperaturas na faixa de  $30^\circ\text{C}$  a  $40^\circ\text{C}$  podem ser usadas no estudo do envelhecimento do café torrado e moído (DALLA ROSA et al., 1989; BALASUBRAMANYAM et al., 1989).

O Esquema 2 apresenta os diferentes tratamentos de torrefação e armazenamento das amostras de café arábica e robusta utilizadas neste trabalho e o Esquema 3 apresenta detalhadamente as análises realizadas nas amostras de café torrado e moído avaliadas durante o período de armazenamento.

## 5.2 METODOLOGIAS DE ANÁLISE

As amostras de café torrado e moído foram avaliadas por um período total de 180 dias de armazenamento. A cada 20 dias 2 pacotes de cada tipo de matéria

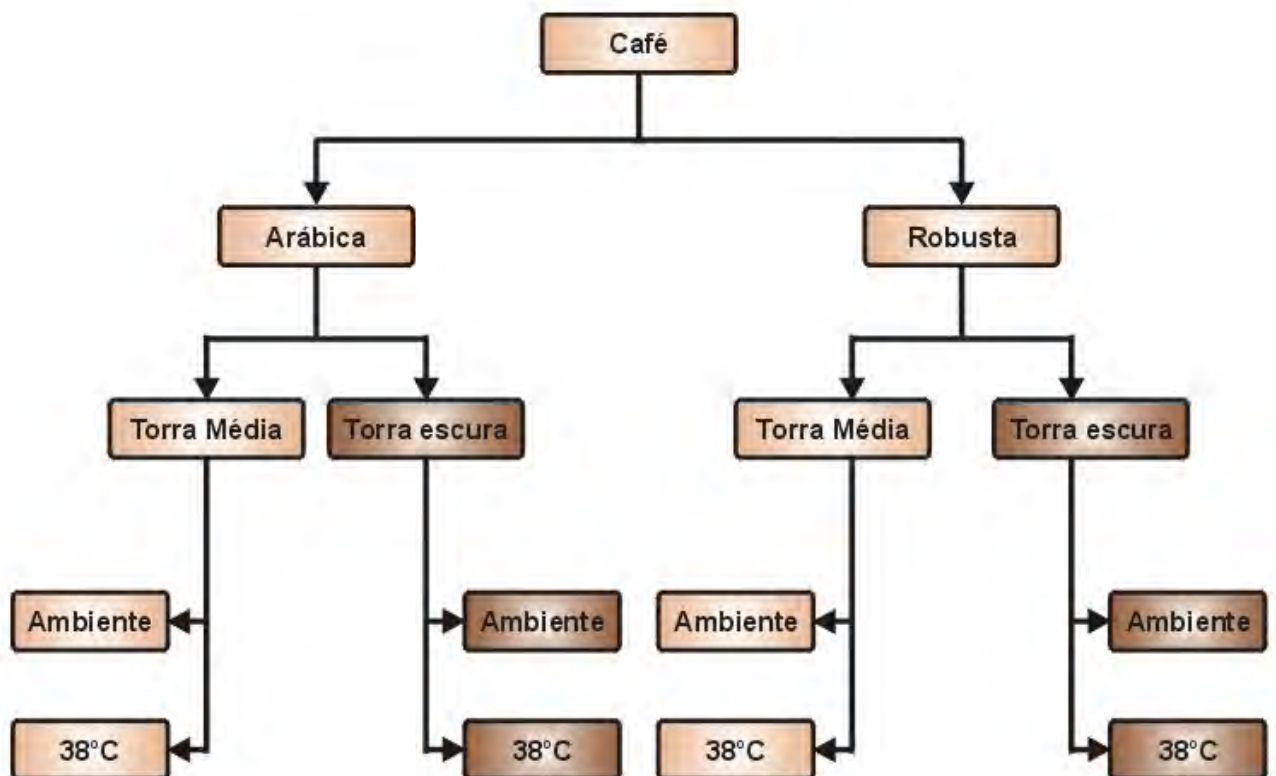
prima sob diferentes condições de processamento e armazenamento foram retiradas para as análises. Cada pacote de café correspondeu a uma unidade experimental.

Para o acompanhamento do envelhecimento do café foram realizadas as análises de umidade, pH, acidez total da bebida, índice de peróxido, índice de acidez e dienos conjugados.

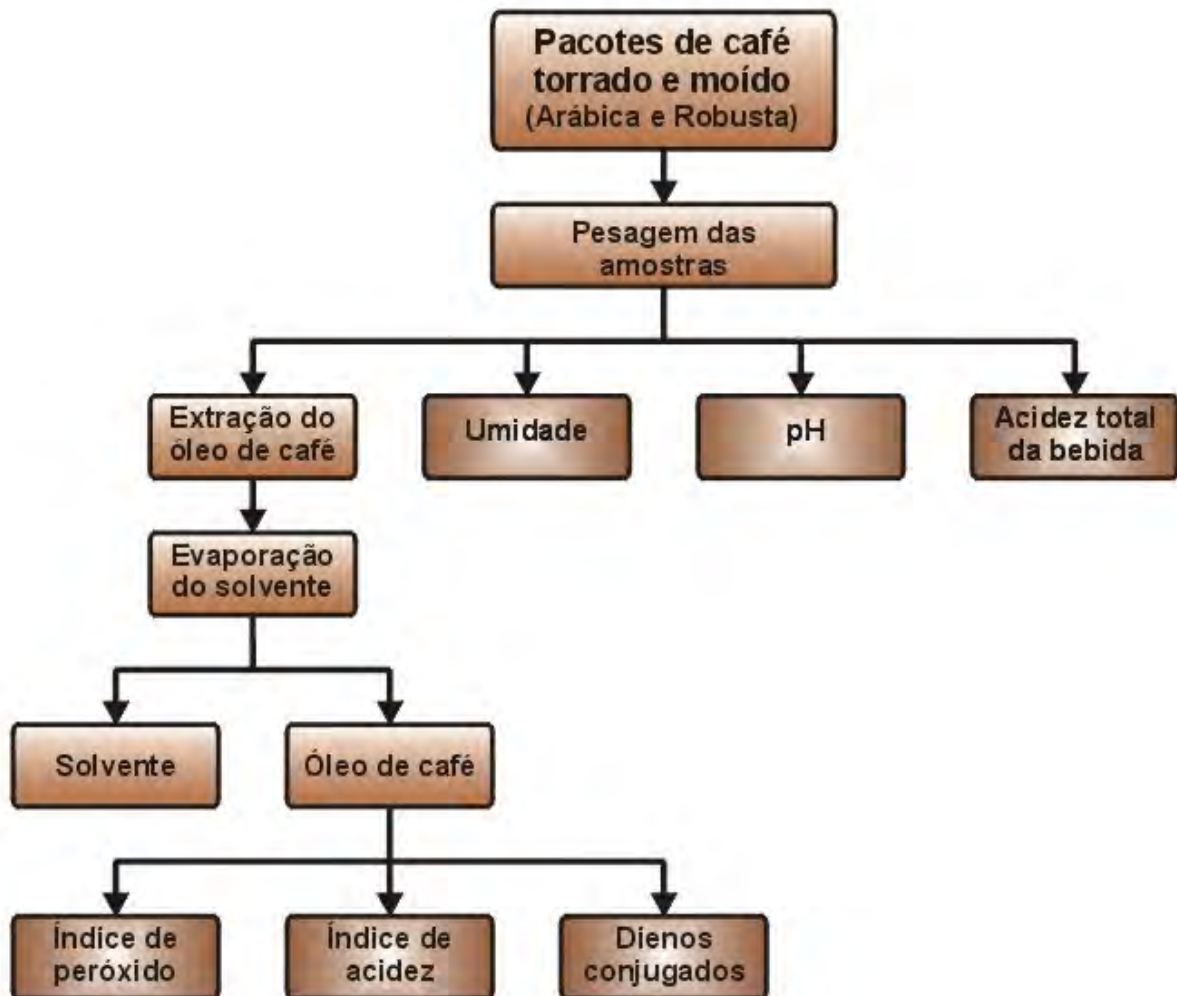
As análises da umidade, pH e acidez total da bebida foram efetuadas utilizando diretamente o pó do café torrado e moído.

As análises do índice de peróxido, índice de acidez e dienos conjugados foram efetuadas utilizando o óleo extraído do café torrado. Essas análises teoricamente medem o grau de oxidação dos compostos de natureza lipídica do café torrado e moído.

#### ESQUEMA 02 – AMOSTRAS UTILIZADAS NOS PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS



## ESQUEMA 03 – ANÁLISES UTILIZADAS PARA VERIFICAÇÃO DA PERDA DE QUALIDADE DAS AMOSTRAS DE CAFÉ TORRADO E MOÍDO



## 5.2.1 – Processo de extração do óleo de café

O processo de extração do óleo do café foi conduzido em laboratório utilizando-se um solvente orgânico como meio extrator. Para a extração do óleo utilizou-se 100g de amostra que foram distribuídas em 5 erlenmeyers aos quais adicionou-se 100mL de clorofórmio de pureza analítica marca *Synth*. Cabe salientar aqui, que todos os reagentes utilizados que serão mencionados ao longo do texto foram de pureza analítica. A solução de café com o clorofórmio (20g de café para

100mL de clorofórmio) permaneceu sob agitação constante à temperatura ambiente por 2 horas.

De acordo com a literatura, o processo de extração do óleo deve ser conduzido à temperatura ambiente, pois dessa forma evita-se a oxidação dos lipídeos (NICOLI et al., 1993).

Após a etapa de extração, a fase líquida contendo solvente e óleo foi separada da fase sólida (café torrado) por filtração utilizando filtro Whatman número 1. A separação do óleo foi efetuada sob vácuo em rotavapor marca *Quimis* mantida à temperatura de  $38\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

O resíduo de solvente remanescente no óleo de café foi evaporado em atmosfera de nitrogênio conforme descrito por DAMYANOVA et al., 1998; VIDAL, 2001.

A quantidade de óleo extraída por este processo foi de aproximadamente 6g de óleo para cada 100g de café, podendo variar de acordo com a espécie. O óleo de café extraído foi acondicionado em frascos de vidro âmbar e armazenado em freezer com temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  até a realização das análises.

### **5.3 ANÁLISES REALIZADAS PARA O ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE QUALIDADE DO CAFÉ TORRADO E MOÍDO**

#### **5.3.1- Umidade**

As medidas do teor de umidade das amostras foram realizadas utilizando o sistema de secagem por infravermelho (I.R) *Mettler LP 16* acoplado a uma balança semi analítica marca *Micronal B 360* nas dependências da Cia Iguazu de Café Solúvel. Para isso, 3g de amostra foram submetidas a uma temperatura de  $130^{\circ}\text{C}$  por um período de 10 minutos.

### 5.3.2- pH

A determinação dos valores de pH, que está associado à presença de ácidos, foi realizada de acordo com a metodologia descrita por ANGELUCCI, 1982. Para amostras com 2,25g de café torrado e moído foi adicionado 50mL de água destilada à temperatura de 80°C. Em seguida o sistema foi resfriado à temperatura ambiente e as medidas de pH foram efetuadas utilizando o método potenciométrico com eletrodo de KCl 3M.

### 5.3.3-Acidez total da bebida

A acidez total da bebida, que está associada também à presença de ácidos, foi determinada de acordo com a metodologia 920.92 descrita pela AOAC, 1990 para café torrado e moído. De acordo com o descrito pela metodologia, em 10g de café torrado e moído adicionou-se 75mL de álcool etílico marca *Synth* a uma concentração de 80% v/v em erlenmeyers com capacidade de 250mL cada. A mistura contendo café e álcool foi deixada em repouso por um período de 16h com agitação ocasional. Após esta etapa, o café foi separado da solução alcóolica utilizando-se filtro Whatman número 1. Tomou-se então uma alíquota de 10mL da solução que foi diluída a 100mL utilizando água destilada. A titulação foi efetuada utilizando-se NaOH 0,1N e usando a fenoftaleína como indicador. O cálculo da acidez total da bebida é feito da seguinte maneira:

Acidez total da bebida = ((mL de NaOH 0,1Nx100)/massa da amostra)

### 5.3.4-Índice de peróxido

A determinação do índice de peróxido, foi realizada de acordo com o estabelecido pela metodologia 965.33 descrita pela AOAC, 1990 modificando apenas a quantidade de óleo utilizada ou seja, ao invés de 5g, utilizou-se aproximadamente 1g de óleo para as análises. Para a determinação do índice de

peróxido, em aproximadamente 1g de óleo adicionou-se 30mL de solução ácido acético/clorofórmio 3:2 (proporção em volume). Os reagentes utilizados foram da marca *Synth*. Após a dissolução do óleo, adicionou-se 0,5mL de iodeto de potássio saturado e agitou-se por 1 minuto. Após esta etapa adicionou-se mais 30mL de água destilada e 0,5mL de solução de amido a 1%. A solução de amido foi preparada utilizando amido solúvel dissolvido em água e submetido a aquecimento até 80°C e posteriormente resfriado. A solução final foi titulada utilizando-se tiosulfato de sódio 0,01N. A medida do índice de peróxido é calculada da seguinte forma:

$$\text{Índice de Peróxido (mEq/kg)} = ((\text{mL tiosulfato de sódio} \times 1000) / \text{massa da amostra})$$

#### 5.3.5- Índice de Acidez

Os valores do Índice de acidez do óleo, foram determinados como descrito pelas normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz com a redução da quantidade de óleo utilizada, ou seja, ao invés de 2g utilizou-se cerca de 0,5g de óleo. Para a dissolução do óleo utilizou-se 10mL de álcool etílico já neutralizado anteriormente por titulação com NaOH 0,01N usando fenofaleína como indicador. A titulação do óleo foi efetuada com NaOH 0,01N até a coloração rosa persistir por 30 segundos. A acidez do óleo foi determinada sob a forma de ácido oléico conforme a seguir:

$$\text{Índice de acidez (\%)} = ((\text{mL NaOH } 0,01\text{N} \times 0,282) / \text{massa da amostra})$$

#### 5.3.6- Dienos Conjugados

A análise dos dienos conjugados, foi realizada de acordo com o método II.D.22 descrito pela IUPAC, 1979 utilizando um espectrofotômetro UV-VIS marca *Espectrônica Modelo Gênese-2* e as medidas da absorvância foram feitas em um comprimento de onda de 232nm. Para tal, utilizou-se cerca de 0,2g de óleo colocadas em balão volumétrico de 25mL. O volume do balão foi completado com isoctano marca *Synth*. A leitura foi realizada utilizando célula de quartzo de 1cm e usando o isoctano como branco. A medida dos dienos conjugados foi determinada



conforme a seguir, sendo que a concentração da amostra é a quantidade de óleo dissolvida para 100mL de isoctano.

Dienos conjugados (%) = (absorbância/(concentração da amostra x largura da cubeta))

## **5.4 ANÁLISES REALIZADAS PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS**

### 5.4.1 - Umidade

As medidas do teor de umidade das amostras foram realizadas conforme o descrito anteriormente no item 5.3.1.

### 5.4.2 - Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo a metodologia descrita pela AOAC, 1990. De acordo com o descrito na metodologia, deve-se primeiramente aquecer cápsulas de porcelana em forno a 600°C por cerca de 4 horas. Após este período, resfriar as cápsulas em dessecador e anotar a massa da cápsula vazia. Em seguida, deve-se carbonizar cerca de 5g de café torrado e moído em chapa elétrica ou bico de Bunzen e incinerar em mufla a 550°C até obter resíduo de coloração branca ou cinza esbranquiçada. As cinzas de café devem ser resfriadas à temperatura ambiente por meio de dessecador. O cálculo das cinzas é feito da seguinte maneira:

$$\text{Cinzas (\%)} = ((\text{massa das cinzas} \times 100) / \text{massa de café inicial})$$

### 5.4.3 - Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado de acordo com o descrito pela AOAC, 1990. Segundo a metodologia, cerca de 2g de café torrado e moído devem ser transferidas para um cartucho de material poroso e cobrir com uma proteção de algodão. O cartucho deve ser colocado no tubo do aparelho de extração de Soxlet. O tubo de extração por sua vez deve ser adaptado ao balão do aparelho, que foi previamente aquecido em estufa a 105°C, resfriado em dessecador e anotado a massa. A extração do óleo deve ser efetuada utilizando éter etílico por cerca de 16h. Ao final, deve-se secar o resíduo (óleo) a 100°C, resfriar e medir a massa. O cálculo dos lipídeos deve ser feito da seguinte maneira:

$$\text{Lipídeos (\%)} = ((\text{massa do resíduo} \times 100) / \text{massa amostra})$$

#### 5.4.4 – Proteínas – Proteína Bruta

O valor das proteínas foi determinado de acordo com o descrito por ANGELLUCI, 1982 e AOAC, 1990. Segundo as metodologias, cerca de 0,5g de café torrado e moído devem ser transferidas para um balão de Kjeldhal ao qual deve ser adicionado 18g de sulfato de potássio anidro, 1g de sulfato de cobre e 25mL de ácido sulfúrico concentrado. A solução deve ser digerida até destruição completa da matéria orgânica. Após esta etapa, esfriar a solução, adicionar 150mL de água, pedaços de pedra-pome e 90mL de hidróxido de sódio 50% p/v e colocar para destilar. Ao destilado deve ser adicionado 25mL de solução de ácido sulfúrico 0,1N. A titulação deve ser realizada utilizando hidróxido de sódio 0,1N. O cálculo das proteínas é realizado da seguinte maneira:

$$\text{Proteína Total (\%)} = ((\text{mL de NaOH gasto para titular} \times 0,014 \times 100) / \text{massa da amostra})$$

Para café torrado e moído, o teor de proteínas foi determinado subtraindo-se os valores da cafeína para cada espécie de café utilizada. Os valores médios de cafeína utilizados para os cálculos foram retirados da literatura (MATIELLO, 1991).

$$\text{Proteína bruta (\%)} = ((\% \text{ Proteína Total} - (\% \text{ cafeína} \times 0,1486)) \times 6,25)$$

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento estatístico dos experimentos foi do tipo completamente casualizado de acordo com o descrito por VIEIRA, 1999. Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente pela análise de variância - ANOVA e a comparação das médias através do teste de Tukey, no nível de 95% de confiança. Cabe ressaltar também que todas as medidas foram feitas com várias repetições para garantir estatisticamente a confiabilidade dos resultados. Os resultados individuais de cada medida encontram-se no item Apêndice.

### 6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS PRIMAS

Para facilitar a leitura dos resultados nos gráficos e tabelas, as amostras foram codificadas de acordo com o descrito a seguir e vale ressaltar que a temperatura de armazenamento, o grau de torrefação e o tipo de matéria prima serão denominados de “variáveis do processo” ao longo do texto.

Café arábica, torrefação média, armazenado em ambiente	ATM 25°C
Café arábica, torrefação média, armazenado em estufa	ATM 38°C
Café arábica, torrefação escura, armazenado em ambiente	ATE 25°C
Café arábica, torrefação escura, armazenado em estufa	ATE 38°C
Café robusta, torrefação média, armazenado em ambiente	RTM 25°C
Café robusta, torrefação média, armazenado em estufa	RTM 38°C
Café robusta, torrefação escura, armazenado em ambiente	RTE 25°C
Café robusta, torrefação escura, armazenado em estufa	RTE 38°C

A caracterização química das amostras de café estudadas são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 03 – CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Característica	% Matéria Seca				Metodologia
	ATM	ATE	RTM	RTE	
Umidade	2,03	3,96	2,10	3,30	SECAGEM POR I.R
Cinzas	4,33	4,28	4,64	4,35	AOAC, 1990
Lipídeos	14,14	17,09	9,28	10,22	AOAC, 1990
Proteínas (Proteína Bruta)	12,67	12,37	12,43	13,43	ANGELUCCI, 1982; AOAC, 1990

De acordo com os resultados obtidos, o teor de cinzas encontrado neste trabalho para as diferentes espécies de café está muito próximo com o descrito por MATIELLO, 1991 e ENCARNAÇÃO; LIMA, 2003.

O teor de lipídeos nos cafés com torrefação escura é ligeiramente maior que nos cafés de torrefação média. De acordo com os estudos realizados por LAGO, 2001, o teor de lipídeos aumenta após a torrefação do café devido principalmente à destruição de parte dos carboidratos durante o processamento térmico.

Os valores dos lipídeos obtidos neste trabalho estão dentro das faixas apresentadas em literatura nos trabalhos publicados por MAZZAFERA et al., 1998 e LERCKER et al., 1996 onde evidencia-se que os cafés arábica apresentam um teor de lipídeos maior que os cafés robusta.

Os valores das proteínas para as duas espécies de café avaliadas estão em acordo com o descrito por MATIELLO, 1991.

### 6.3 RESULTADO DAS ANÁLISES REALIZADAS AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

#### 6.3.1 Teor de Umidade

A Tabela 4 apresenta os valores do teor de umidade para os diferentes tratamentos ao longo do período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 04 – TEOR DE UMIDADE (%) DURANTE O PERÍODO DE ARMAZENAMENTO

Tempo (dias)	Umidade (% base seca)							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	2,03	2,03	3,96	3,96	2,10	2,10	3,30	3,30
20	2,30	2,27	4,00	3,90	2,57	2,15	3,51	3,45
40	2,58	2,49	4,10	3,83	2,50	2,51	3,48	3,62
60	3,12	2,47	4,25	4,05	2,74	2,62	3,66	3,63
80	2,75	2,65	4,43	4,32	2,78	2,74	3,71	3,62
100	2,67	3,07	4,54	3,92	2,93	2,97	3,88	3,52
120	2,80	2,80	4,67	4,10	2,94	2,73	4,03	4,17
140	2,74	2,99	4,63	3,97	3,09	2,84	4,02	3,78
160	3,24	2,76	4,79	4,33	3,42	3,12	3,82	3,53
180	3,27	2,74	4,83	4,26	3,43	3,19	4,10	3,47
<b>Aumento no Teor de Umidade (%)</b>	<b>60,57 a</b>	<b>34,67 b</b>	<b>21,92 c</b>	<b>7,49 d</b>	<b>63,25 a</b>	<b>52,06 a</b>	<b>24,19 bc</b>	<b>5,00 d</b>

Observação: letras diferentes diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância; p=0,0001

Na Tabela 4 e nas demais tabelas que serão apresentadas ao longo do texto, ao lado dos números irão aparecer letras. Essas letras representam as diferenças estatísticas entre as médias obtidas. As médias acompanhadas da letra **a** por exemplo, são maiores estatisticamente que as médias acompanhadas pelas letras **b**, **c**, **d** e **e**. O cálculo do aumento no teor de umidade apresentado na Tabela 4 foi realizado utilizando uma média de seis repetições.

Conforme pode ser observado na Tabela 4, as medidas dos teores de umidade inicial variaram entre si, em função disso, avaliou-se o Aumento do Teor de Umidade ao longo do tempo.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, todas as amostras de café armazenadas à temperatura ambiente, apresentaram um aumento no teor de umidade maior quando comparadas com as amostras armazenadas em estufa. Esse comportamento já era esperado visto que na estufa a temperatura de armazenamento é maior que no ambiente.

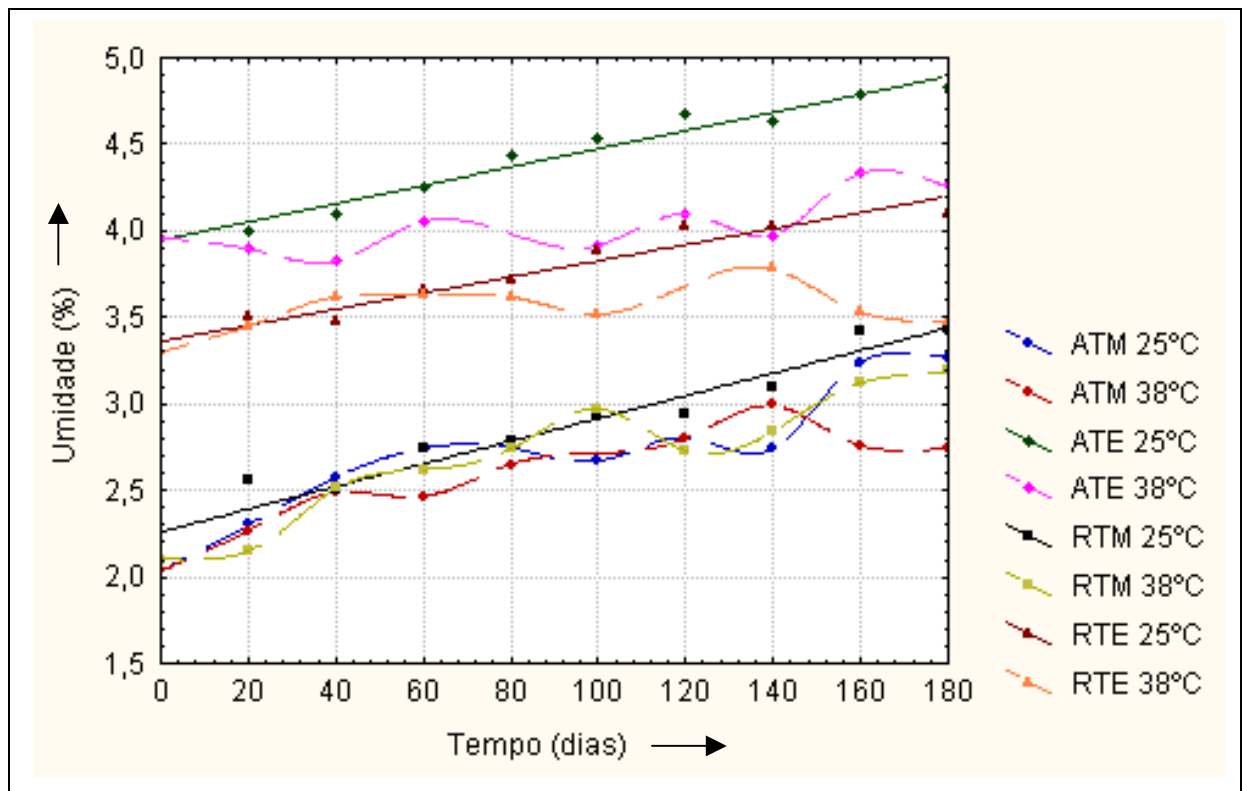
Com relação ao tipo de matéria prima utilizada verifica-se que nas condições ambientais esta não interfere no aumento do teor de umidade.

Com relação ao processo de torrefação, verificou-se que as amostras com torrefação média apresentaram maiores Aumentos nos Teores de Umidade que as amostras de torrefação escura, esse fato pode ser visualizado na Tabela 4 através dos valores apresentados na última linha seguidos de letras. Os maiores aumentos do teor de umidade foram obtidos para as amostras ATM 25°C e RTM 25°C. O comportamento dos valores da umidade foi muito semelhante a um trabalho realizado por BAESSO et al., 1990.

Os cafés de torrefação média a princípio possuem um teor de carboidratos maior que os cafés de torrefação escura, isso ocorre porque à medida que o grau de torrefação aumenta, ocorre diminuição no teor de carboidratos. Como os carboidratos contribuem na absorção de água pelo produto, é razoável prever que a maior absorção de água das amostras de torrefação média esteja associada com a maior presença de carboidratos.

A Figura 4 apresenta os teores de umidade ao longo do período de armazenamento para os diferentes tratamentos.

FIGURA 04 – TEOR DE UMIDADE EM FUNÇÃO TEMPO



Pode-se observar na Figura 4 e na Tabela 4 que todas as amostras apresentaram aumento no seu conteúdo de umidade com o tempo. Porém nas amostras ATE 25°C, RTE 25°C e RTM 25°C essa tendência foi do tipo linear, com coeficientes de correlação ( $r^2$ ) de 0,9682, 0,9413 e 0,9366 respectivamente.

O café torrado e moído é um produto higroscópico e de acordo com PÁDUA et al., 2002, os carboidratos e as proteínas que representam cerca de 75% da composição química dos grãos crus de café, são os principais responsáveis pela absorção de água no produto.

Todas as amostras estudadas apresentaram teores de umidades abaixo de 6,2%. Vale ressaltar que acima deste valor inicia-se o processo de aglomeração do produto e a sua deterioração (ANJOS et al., 1999). Isto significa que até 180 dias de

armazenamento, o produto, em termos de umidade, ainda é adequado para o consumo.

### 6.3.2 pH

A Tabela 05-A apresenta a influência das variáveis do processo no pH durante o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 05-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO pH

Tempo (dias)	pH								Valor de p
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C	
0	5,42 b	5,42 b	5,71 a	5,71 a	5,79 a	5,79 a	5,75 a	5,75 a	0,0001
20	5,49 d	5,43 d	5,65 c	5,63 c	5,76 ab	5,80 a	5,79 a	5,70 bc	0,0001
40	5,58 de	5,56 e	5,65 cd	5,62 de	5,73 bc	5,74 b	5,91 a	5,80 b	0,0001
60	5,53 d	5,48 d	5,68 c	5,50 d	5,81 b	5,74 bc	5,91 a	5,71 c	0,0001
80	5,56 d	5,51 d	5,80 b	5,66 c	5,91 a	5,92 a	5,93 a	5,76 b	0,0001
100	5,54 d	5,41 e	5,75 c	5,56 d	5,90 b	5,86 b	5,94 a	5,73 c	0,0001
120	5,53 fg	5,47 g	5,74 cd	5,60 ef	5,98 a	5,89 b	5,81 c	5,67 de	0,0001
140	5,52 ef	5,47 f	5,77 c	5,56 e	5,94 a	5,87 b	5,86 b	5,65 d	0,0001
160	5,54 d	5,46 e	5,71 c	5,52 d	5,85 a	5,79 b	5,89 a	5,72 c	0,0001
180	5,56 d	5,45 e	5,71 c	5,47 de	5,88 a	5,75 bc	5,83 ab	5,67 c	0,0001

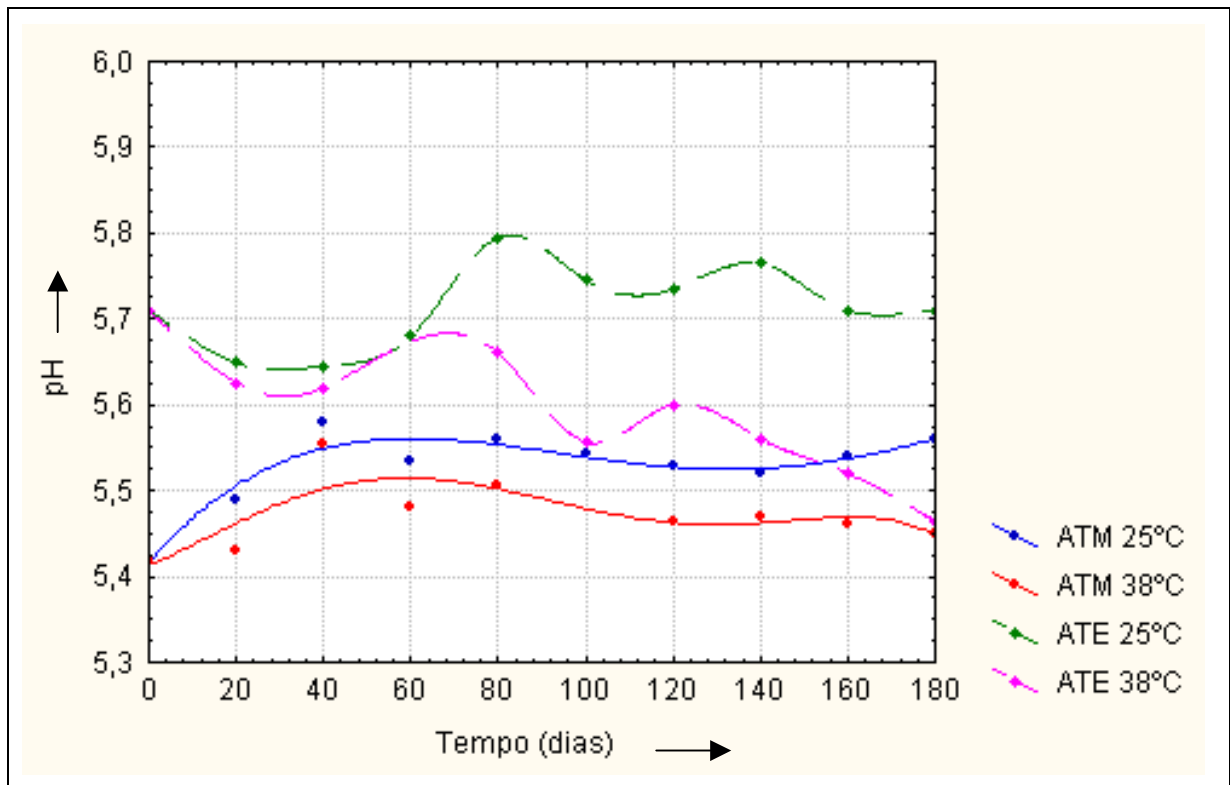
Observação: letras diferentes ao longo das linhas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância;

A seguir apresenta-se a Figura 5 que mostra a influência da temperatura de armazenamento nos valores de pH para o café arábica ao longo do período de armazenamento. Na Figura 5 e em outras figuras que serão apresentadas ao longo



da discussão, optou-se pelo melhor traçado entre os pontos das curvas com comportamento definido. Este procedimento serve apenas para auxiliar na visualização das curvas e não para modelagem matemática.

FIGURA 05 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO pH DO CAFÉ ARÁBICA

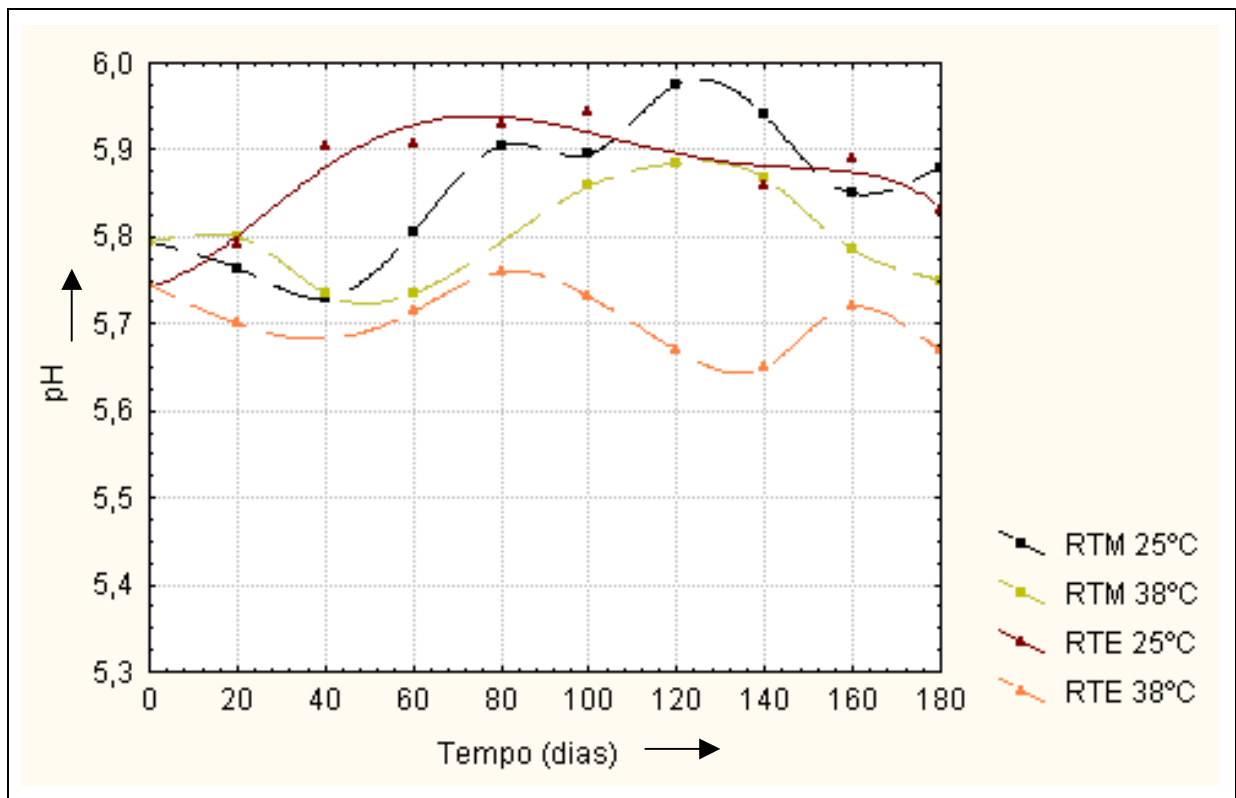


Conforme pode ser observado na Figura 5, o café ATM em ambiente parece ter valores de pH maiores que o café ATM em estufa. Porém, as análises estatísticas mostraram que essa diferença não existe, ou seja, o café ATM em ambiente estatisticamente apresenta os mesmos valores de pH que o café ATM em estufa, isso significa que a temperatura de armazenamento não influenciou nos valores de pH para essa condição. Esse comportamento pode ser visualizado na Tabela 5-A.

Por outro lado, para o café ATE a partir de 60 dias de armazenamento, as amostras na temperatura ambiente apresentaram valores de pH maiores que as amostras mantidas na estufa, isso mostra que as amostras em estufa têm uma quantidade maior de ácidos que as amostras mantidas em temperatura ambiente.

A Figura 6 a seguir mostra a influência da temperatura de armazenamento sobre os valores de pH para o café robusta ao longo do tempo.

FIGURA 06 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO pH DO CAFÉ ROBUSTA



De acordo com os dados da Tabela 5-A e conforme pode ser observado na Figura 6, a partir de 120 dias de armazenamento o café RTM armazenado em temperatura ambiente apresentou valores de pH maiores que as amostras mantidas em estufa.

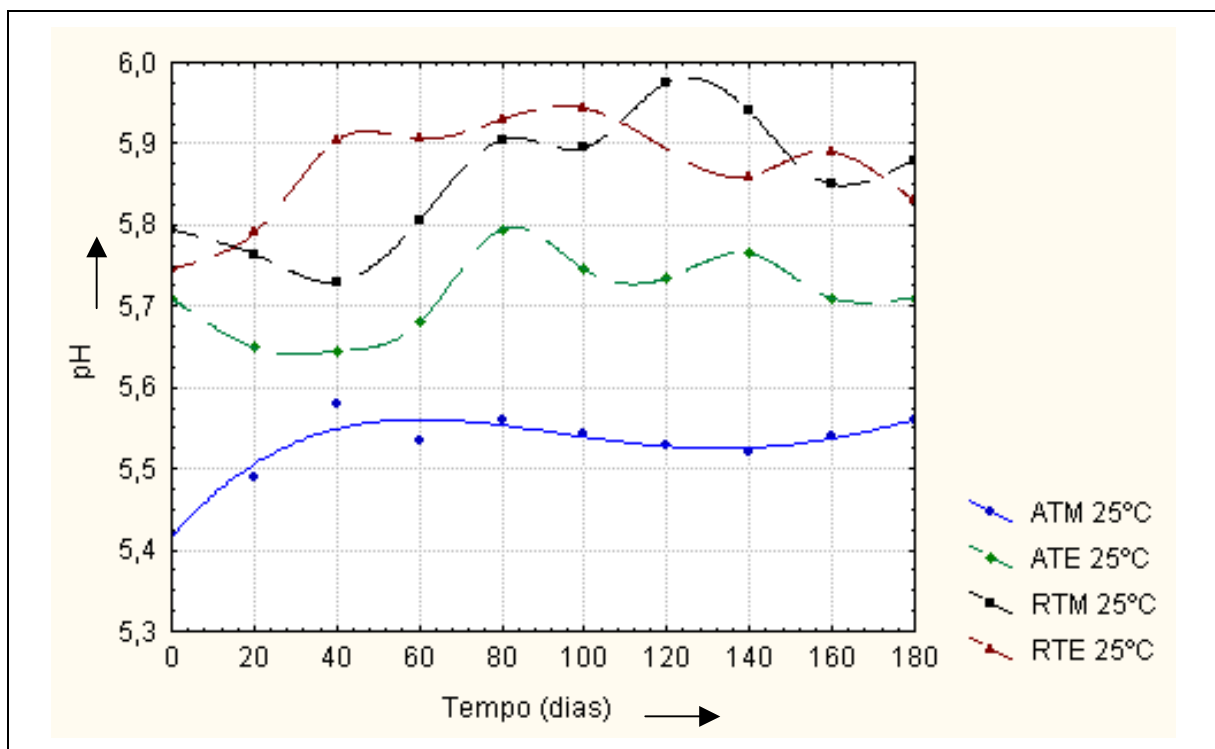
Já o café RTE foi o mais sensível ao efeito da temperatura, pois desde o início do período de armazenamento, as amostras armazenadas em ambiente apresentaram valores de pH maiores que as amostras em estufa.

No que diz respeito ao tipo de matéria prima, observou-se que de um modo geral o café robusta apresentou valores de pH maiores que o café arábica. Um estudo semelhante foi realizado por CLARKE e MACRAE, 1985 utilizando cafés arábica e robusta de torrefação média e foi verificado que os cafés robusta

apresentavam valores de pH maiores que os do café arábica, estas observações concordam com os resultados obtidos neste trabalho.

A influência do grau de torrefação sobre as medidas de pH nas temperaturas ambiente e em estufa pode ser observada nas Figuras 7 e 8:

FIGURA 07 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NO pH PARA CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ARMAZENADOS EM AMBIENTE



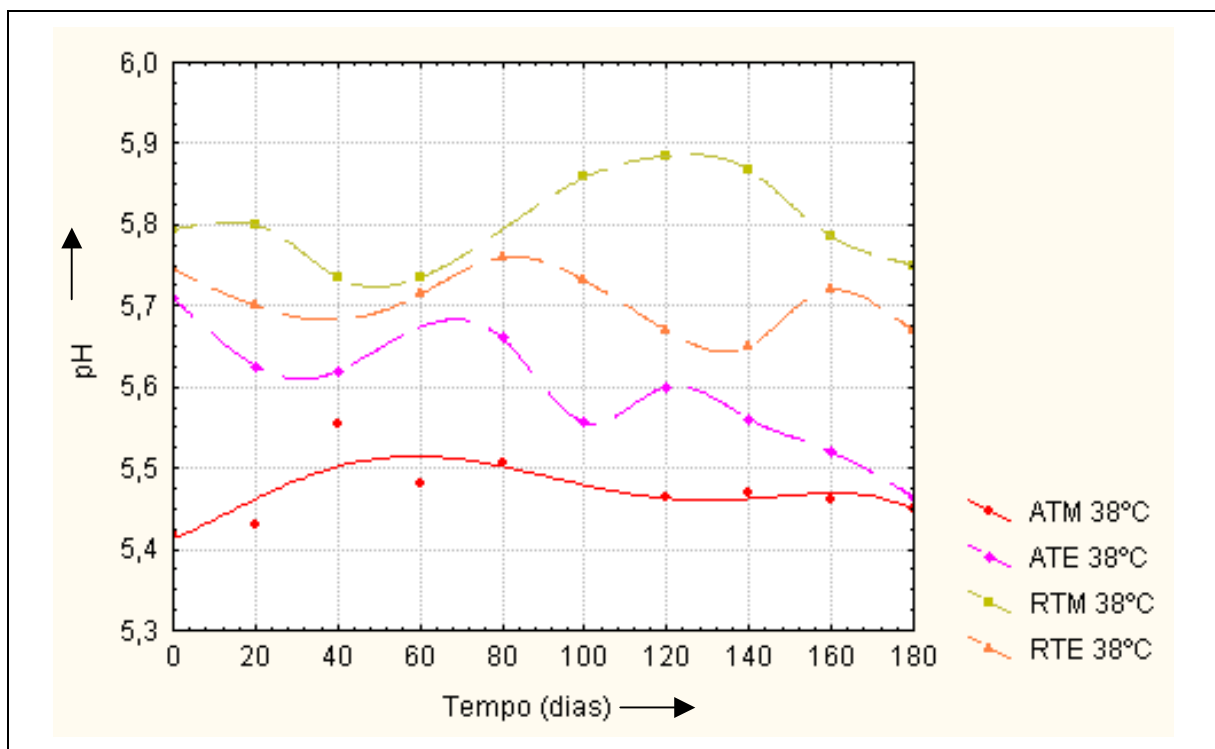
Em relação à influência do grau de torrefação, para o café arábica, na temperatura ambiente e em estufa, a torrefação escura favoreceu valores de pH maiores que os obtidos na torrefação média. Comportamento semelhante foi observado em experimentos realizados por MASSINI et al., 1990; DA PORTO et al., 1991 e QUINTERO, 2000.

O aumento do pH com o grau de torrefação pode estar relacionado com a formação de ácidos, principalmente o cafeico e o quínico presentes em grandes quantidades no café.

Para o café robusta armazenado em temperatura ambiente, o grau de torrefação não apresentou influência nos valores de pH. Por outro lado, o café robusta de torrefação média armazenado em estufa, apresentou valores de pH maiores que as amostras armazenadas em ambiente.

Segundo FERNANDES et al., 2001, a variação do pH com a torrefação, embora pequena, pode ser considerada de grande importância na aceitação do produto pelo consumidor.

FIGURA 08 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NO pH PARA CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA ARMAZENADOS EM ESTUFA



A Tabela 5-B apresenta os resultados do pH para cada variável estudada ao longo de todo o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 05-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O pH

Tempo (dias)	pH							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	5,42 d	5,42 b	5,71 cd	5,71 a	5,79 ef	5,79 c	5,75 f	5,75 abc
20	5,49 c	5,43 b	5,65 e	5,63 b	5,76 fg	5,80 c	5,79 ef	5,70 cde
40	5,58 a	5,56 a	5,65 e	5,62 b	5,73 g	5,74 d	5,91 abc	5,80 a
60	5,53 abc	5,48 b	5,68 de	5,50 d	5,81 ef	5,74 d	5,91 abc	5,71 bcd
80	5,56 ab	5,51 a	5,80 a	5,66 ab	5,91 bc	5,92 a	5,93 ab	5,76 ab
100	5,54 ab	5,41 b	5,75 abc	5,56 c	5,90 bcd	5,86 b	5,94 a	5,73 bc
120	5,53 abc	5,47 b	5,74 bc	5,60 bc	5,98 a	5,89 ab	5,81 e	5,67 de
140	5,52 bc	5,47 b	5,77 ab	5,56 c	5,94 ab	5,87 ab	5,86 cd	5,65 e
160	5,54 ab	5,46 b	5,71 cd	5,52 cd	5,85 de	5,79 cd	5,89 bc	5,72 bcd
180	5,56 ab	5,45 b	5,71 cd	5,47 e	5,88 cd	5,75 cd	5,83 de	5,67 de
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0030	0,0030

Observação: letras diferentes ao longo das colunas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

A Figura 9 que será apresentada a seguir, mostra o comportamento global dos valores de pH para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento.

Através da Tabela 5-B e da Figura 9, pode-se observar que as amostras ATM 25°C, ATM 38°C e RTE 25°C, apresentaram um aumento significativo nos valores de pH até cerca os primeiros 40 dias de armazenamento. Em contrapartida, as demais amostras avaliadas apresentaram um decréscimo nos valores de pH considerando o mesmo período avaliado.

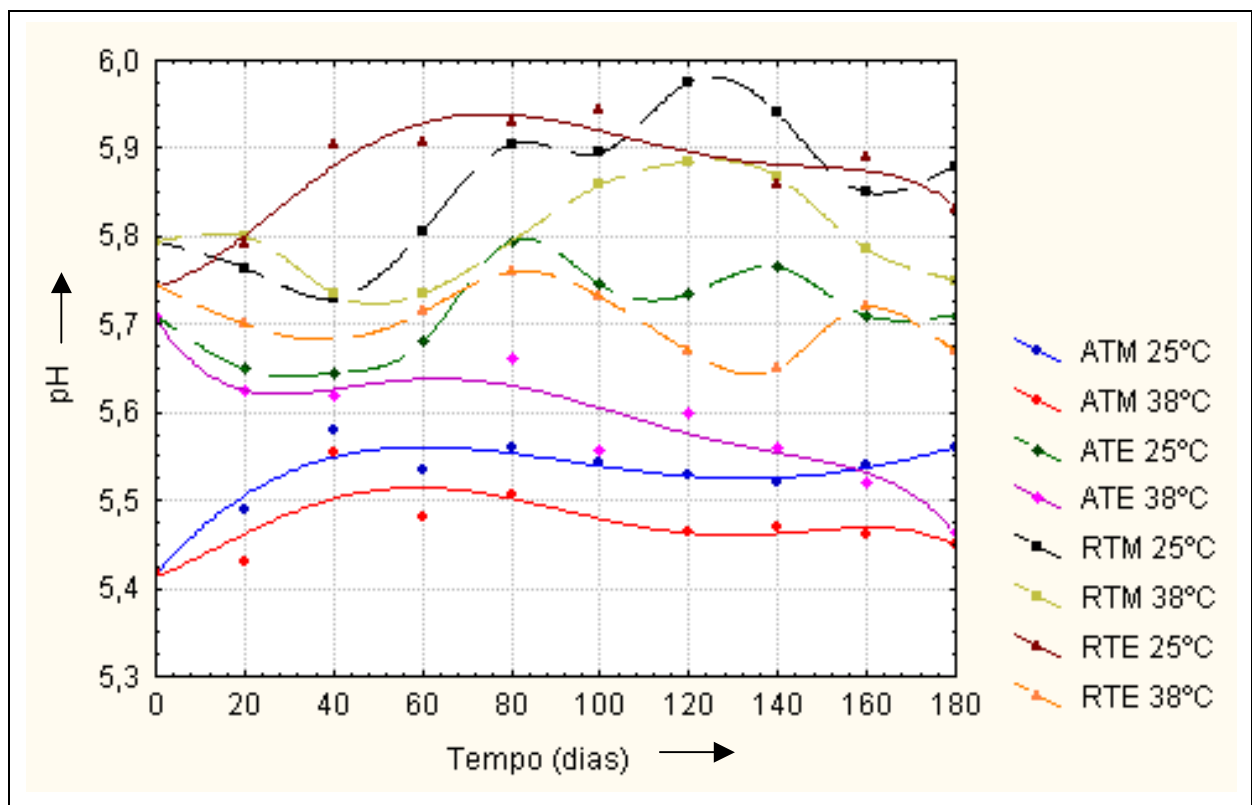
Os valores de pH obtidos neste trabalho são todos superiores ao valor de 4,8, o que pode indicar segundo uma pesquisa realizada por DALLA ROSA et al., 1990

utilizando uma mistura de 50% café arábica e 50% café robusta com torrefação escura, que o produto estaria com qualidade aceitável.

Neste trabalho as amostras de café na sua maioria apresentaram alterações significativas nos valores de pH até cerca os primeiros 60 dias de armazenamento. O café utilizado neste estudo foi acondicionado em embalagens sujeitas a troca de gases o que favorece nesse caso as reações de oxidação no produto que são caracterizadas pelo aumento da acidez e diminuição do pH.

Em trabalho realizado por MORI et al., 1985 utilizando cafés torrado e moído e envasados a vácuo, os autores verificaram que ao longo de 360 dias de armazenamento, não houve alterações significativas nos valores de pH, o que mostra a ação protetora de barreira da embalagem sobre a qualidade do produto.

FIGURA 09 – pH EM FUNÇÃO DO TEMPO



### 6.3.3 Acidez total da bebida

A Tabela 6-A apresenta a influência das variáveis do processo na acidez total da bebida durante o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 06-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA

Tempo (dias)	Acidez Total da Bebida (mL NaOH 0,1N) / 100g amostra								Valor de p
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C	
0	16,11 a	16,11 a	15,95 a	15,95 a	12,89 b	12,89 b	13,35 b	13,35 b	0,0001
20	16,58 b	16,96 b	16,57 b	17,49 a	13,78 d	13,87 d	13,53 d	14,88 c	0,0001
40	17,84 b	18,07 b	16,96 c	18,92 a	14,76 e	14,81 e	15,37 d	15,79 d	0,0001
60	18,43 a	17,53 b	17,54 b	18,89 a	14,91 c	15,47 c	15,22 c	15,20 c	0,0001
80	16,52 c	16,70 c	18,19 b	19,56 a	15,04 d	15,49 d	13,48 e	15,00 d	0,0001
100	16,03 c	16,24 c	18,65 b	21,96 a	15,80 c	15,45 c	13,85 c	15,35 d	0,0001
120	18,02 b	18,81 a	16,70 c	17,48 bc	13,16 e	13,53 e	15,21 d	16,89 c	0,0001
140	17,85 b	18,00 b	16,32 d	18,66 a	13,20 g	14,21 f	15,61 e	16,94 c	0,0001
160	18,24 c	18,73 b	17,43 d	19,98 a	15,17 g	15,90 f	14,71 h	16,56 e	0,0001
180	15,54 cd	17,97 b	17,45 b	20,31 a	15,17 d	15,95 cd	14,84 d	16,39 c	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das linhas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância;

De acordo com as análises estatísticas e como pode ser observado na Tabela 6-A, a temperatura de armazenamento não teve influência sobre as medidas da acidez total da bebida para os cafés ATM e RTM. Em contrapartida, os cafés ATE e RTE armazenados em estufa apresentaram valores de acidez total da bebida maiores que as amostras armazenadas em ambiente. Esse comportamento pode ser também visualizado através das Figuras 10 e 11.

FIGURA 10 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO MÉDIA

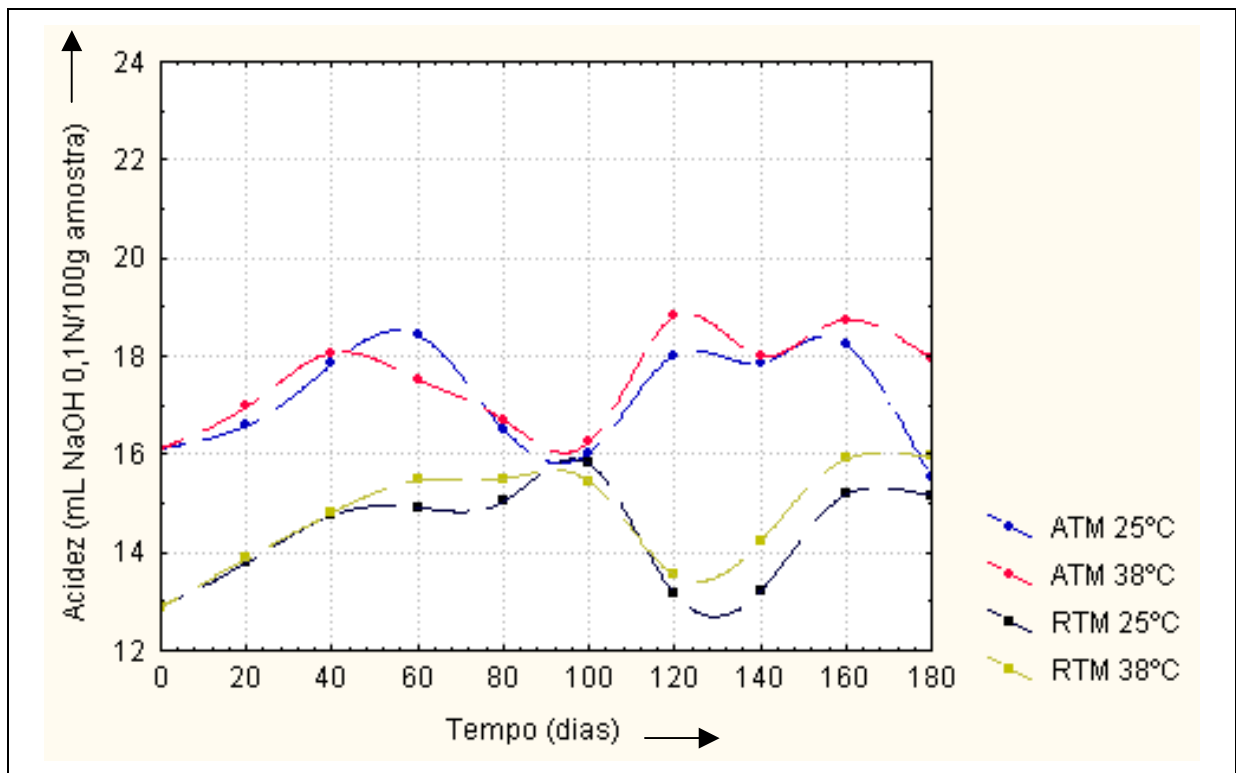
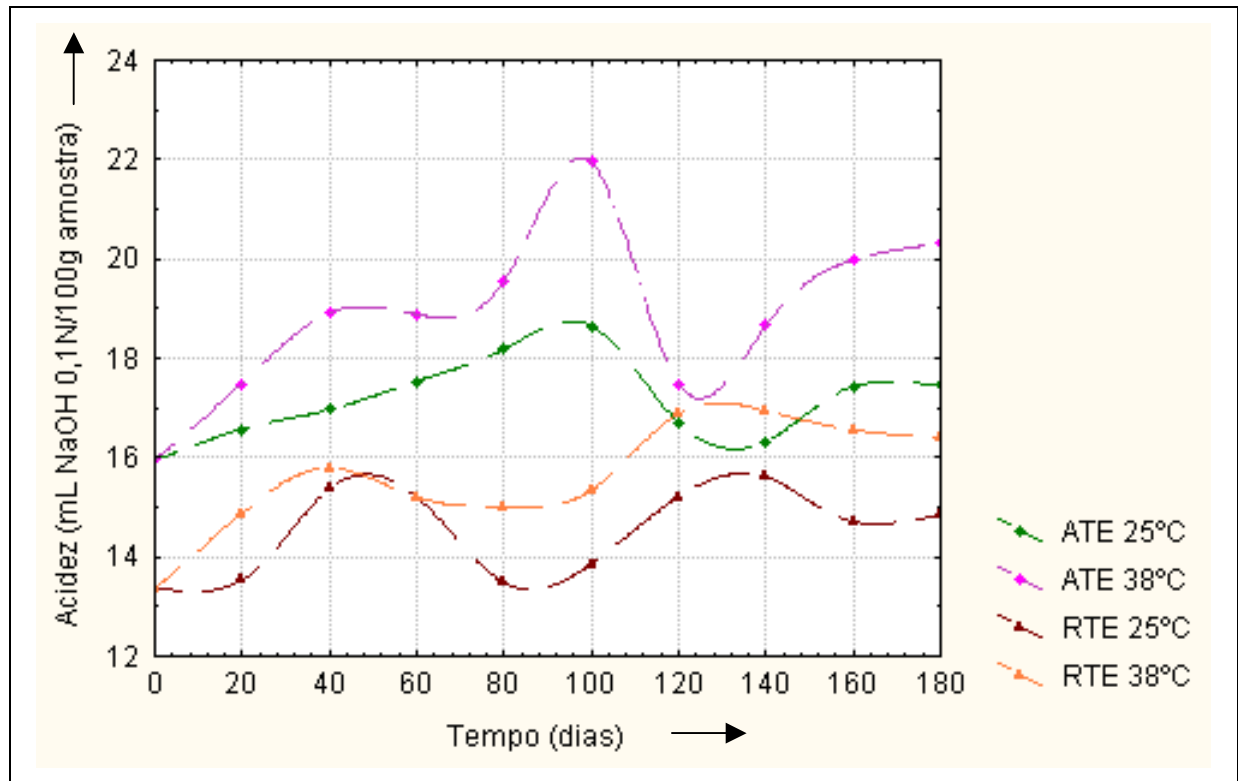


FIGURA 11 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO ESCURA





No que diz respeito ao tipo de matéria prima, foi possível observar que os cafés arábica apresentam os maiores valores de acidez total da bebida e esse comportamento é mais perceptível até os primeiros 60 dias de armazenamento. Em trabalho realizado por ORTOLÁ et al., 1998, os autores verificaram que a acidez do café arábica é sempre maior que a acidez do café robusta, mas sugerem que esta propriedade pode ser induzida ao café robusta quando ele é submetido a altas temperaturas de torrefação.

A Tabela 6-B apresenta os resultados da acidez total da bebida para cada variável estudada ao longo de todo o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 06-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA

Tempo (dias)	Acidez Total da Bebida (mL NaOH 0,1N) / 100g amostra							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	16,11 d	16,11 d	15,95 c	15,95 c	12,89 b	12,89 b	13,35 a	13,35 e

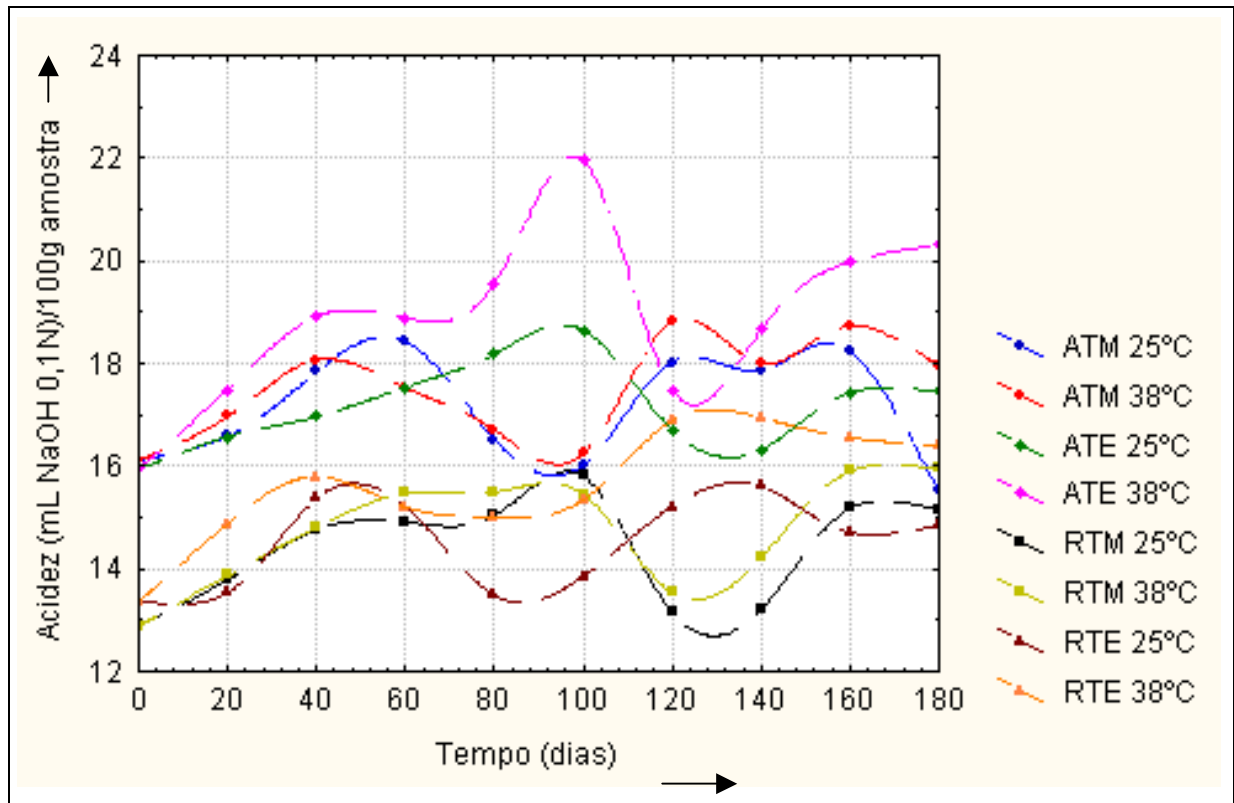
20	16,58 cd	16,96 cd	16,57 bc	17,49 b	13,78 ab	13,87 b	13,53 a	14,88 de
40	17,84 b	18,07 b	16,96 ab	18,92 ab	14,76 ab	14,81 ab	15,37 a	15,79 bcd
60	18,43 bc	17,53 bc	17,54 ab	18,89 ab	14,91 ab	15,47 ab	15,22 a	15,20 cde
80	16,52 d	16,70 d	18,19 ab	19,56 ab	15,04 ab	15,49 ab	13,48 a	15,00 de
100	16,03 d	16,24 d	18,65 a	21,96 a	15,80 a	15,45 ab	13,85 a	15,35 bcde
120	18,02 a	18,81 a	16,70 bc	17,48 b	13,16 b	13,53 b	15,21 a	16,89 a
140	17,85 b	18,00 b	16,32 c	18,66 ab	13,20 b	14,21 ab	15,61 a	16,94 a
160	18,24 a	18,73 a	17,43 ab	19,98 ab	15,17 ab	15,90 a	14,71 a	16,56 ab
180	15,54 b	17,97 b	17,45 ab	20,31 a	15,17 ab	15,95 a	14,84 a	16,39 abc
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das colunas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

Devido a imprecisão dos resultados, não foi possível verificar se o grau de torrefação tem influência nos valores da acidez total da bebida. De acordo com FERNANDES et al., 2001, a acidez total no café aumenta com o grau de torrefação devido à formação dos ácidos, entretanto, a severidade da torrefação diminui a acidez da bebida por destruir ácidos clorogênicos que se encontram ligados à matriz do grão.

A Figura 12 a seguir apresenta o comportamento global dos valores da acidez total da bebida ao longo do período de armazenamento para os diversos tratamentos.

FIGURA 12 – ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA EM FUNÇÃO DO TEMPO



Através da Tabela 6-B e da Figura 12, observa-se que as amostras de café arábica na sua maioria e o café RTM apresentaram um acréscimo significativo nos valores da acidez total da bebida nos primeiros 60 dias de armazenamento, e por sua vez as amostras RTE apresentaram um aumento significativo até os 40 dias de armazenamento. Um estudo realizado por ZANONI e PAGLIARINI, 1992 com café torrado apresentou dados muito semelhantes ao obtido neste trabalho. Após esse período inicial, os valores da acidez total da bebida adquirem um comportamento oscilatório de difícil explicação sendo essa característica similar ao obtido em pesquisas realizadas por LUNA et al., 1999 utilizando café torrado e moído armazenado em temperatura de 30°C com umidade relativa do ar de 75%.

Segundo MOREIRA et al., 2000, é possível concluir que os ácidos voláteis são perdidos durante o armazenamento do café torrado e moído, entretanto o aumento da acidez com a estocagem, caracterizada por menores valores de pH e um aumento na acidez total da bebida, pode estar ligado à quantidade de ar presente nas embalagens do produto. Dessa forma, o aumento da acidez pode estar

relacionado à oxidação dos aldeídos voláteis ocasionando o aparecimento de ácidos carboxílicos.

#### 6.3.4 Índice de Peróxido

A Tabela 7-A apresenta a influência das variáveis de processo no índice de peróxidos durante o período de armazenamento do café torrado e moído.

Através das análises estatísticas e da Tabela 7-A, pode-se observar que a temperatura de armazenamento não teve influência sobre a medida do índice de peróxido nas amostras avaliadas. Para ilustração dessa condição, será apresentado na Figura 13 a seguir os resultados do índice de peróxido dos cafés arábica e robusta de torrefação escura.

Com relação à influência do tipo de matéria prima, percebe-se que até cerca de 80 dias de armazenamento o café arábica apresentou valores do índice de peróxido maiores que os do café robusta.

Devido a imprecisão dos resultados, não foi possível verificar neste trabalho se o grau de torrefação interfere no índice de peróxido.

TABELA 07-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO ÍNDICE DE PERÓXIDO

Tempo (dias)	Índice de Peróxido (mEq / kg amostra)								Valor de p
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C	
0	3,23 a	3,23 a	3,48 a	3,48 a	2,78 a	2,78 a	2,41 a	2,41 a	0,3843
20	2,12 b	3,35 a	1,41 b	2,23 b	1,66 b	1,69 b	1,38 b	1,53 b	0,0001
40	5,32 a	5,16 a	3,64 b	3,70 b	1,71 c	2,45 bc	2,23 c	1,55 c	0,0001
60	4,04 a	4,41 a	3,24 b	3,29 b	1,55 cd	2,05 c	1,37 d	1,47 d	0,0001
80	3,52 ab	4,21 a	2,66 bc	3,02 b	1,37 d	1,86 cd	1,12 d	1,51 d	0,0001
100	2,74 b	3,87 a	2,89 ab	2,96 ab	1,57 b	2,05 b	2,26 ab	2,88 ab	0,0030

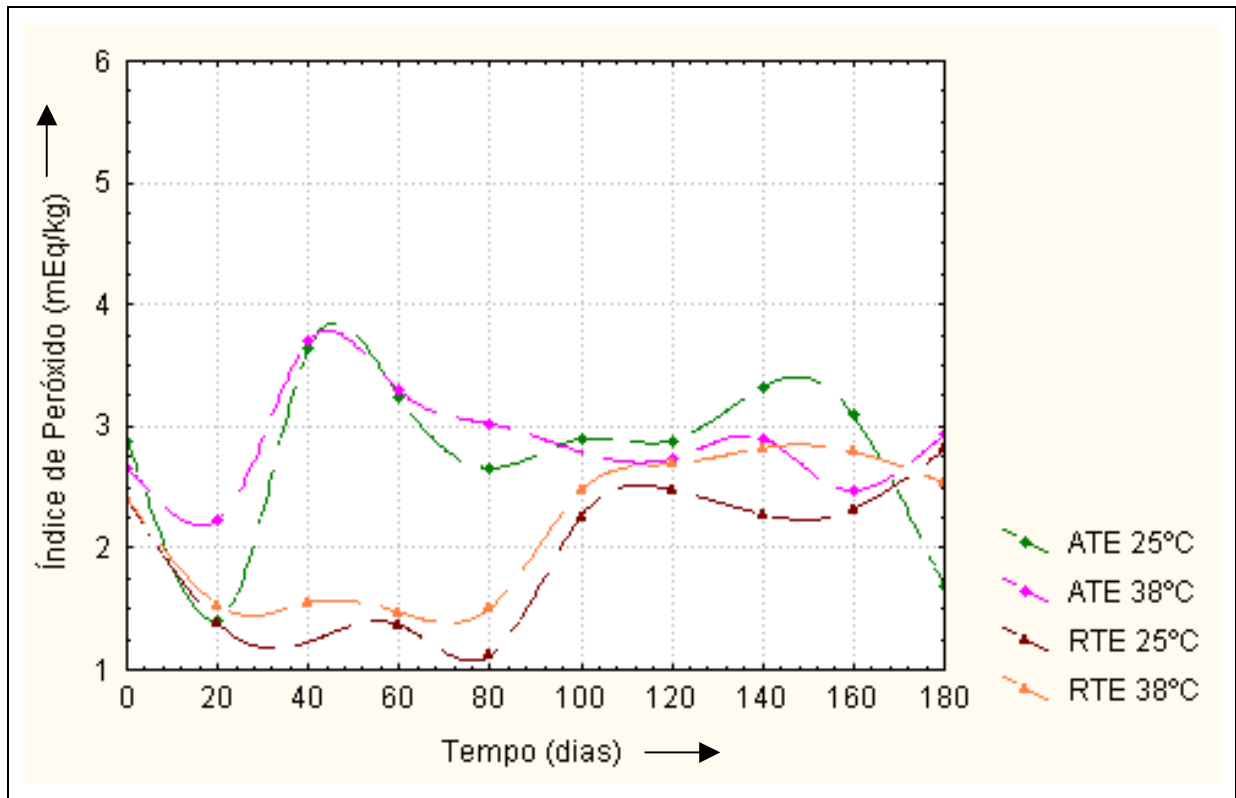
120	2,74 a	3,69 a	2,88 a	2,73 a	1,56 b	2,18 a	2,48 a	2,67 a	0,0018
140	2,15 ab	3,84 a	3,23 ab	2,90 ab	1,30 b	1,77 ab	3,39 ab	2,82 ab	0,0086
160	2,51 ab	3,66 a	3,09 ab	2,47 ab	2,34 b	1,93 b	2,32 b	2,47 ab	0,0081
180	2,46 ab	3,86 a	1,69 ab	2,93 ab	2,38 b	3,09 ab	2,81 ab	2,54 ab	0,0002

Observação: letras diferentes ao longo das linhas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

A medida do índice de peróxido em café com variações na cor de torrefação foi estudado por ANESE et al., 2000. Os autores observaram que o tratamento térmico no qual o café é submetido durante o processo de torrefação, não afeta de maneira expressiva a degradação lipídica do produto, o que coincide com este estudo.

Estudos já realizados na literatura revelaram um nível de oxidação dos lipídeos baixo em cafés armazenados por um longo período de tempo. De fato, sabe-se que o calor é responsável por induzir a oxidação lipídica, entretanto, a maioria dos estudos de oxidação lipídica referem-se aos lipídeos na sua forma pura e presume-se que em alimentos contendo lipídeos como é o caso do café, a reação de degradação é afetada por várias interações entre os diferentes compostos existentes e que podem ser responsáveis pela estabilidade do óleo de café durante o armazenamento do produto.

FIGURA 13 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO ÍNDICE DE PERÓXIDO EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO ESCURA EM FUNÇÃO DO TEMPO



A seguir seguem a Tabela 7-B e a Figura 14 que apresentam os resultados do índice de peróxido para cada variável estudada ao longo de todo o período de armazenamento do café torrado e moído.

Através da Tabela 7-B e da Figura 14, observa-se que tanto para o café arábica bem como para o café robusta, praticamente não houve alterações no índice de peróxido ao longo do período de armazenamento. Este comportamento está em concordância com os estudos realizados por NICOLI et al., 1993, utilizando café arábica de torrefação escura, exposto ao ar e armazenado em temperatura ambiente até o período de 120 dias. Os autores afirmam também que o grau de oxidação dos lipídeos nos grãos verdes do café é importante para a qualidade do produto.

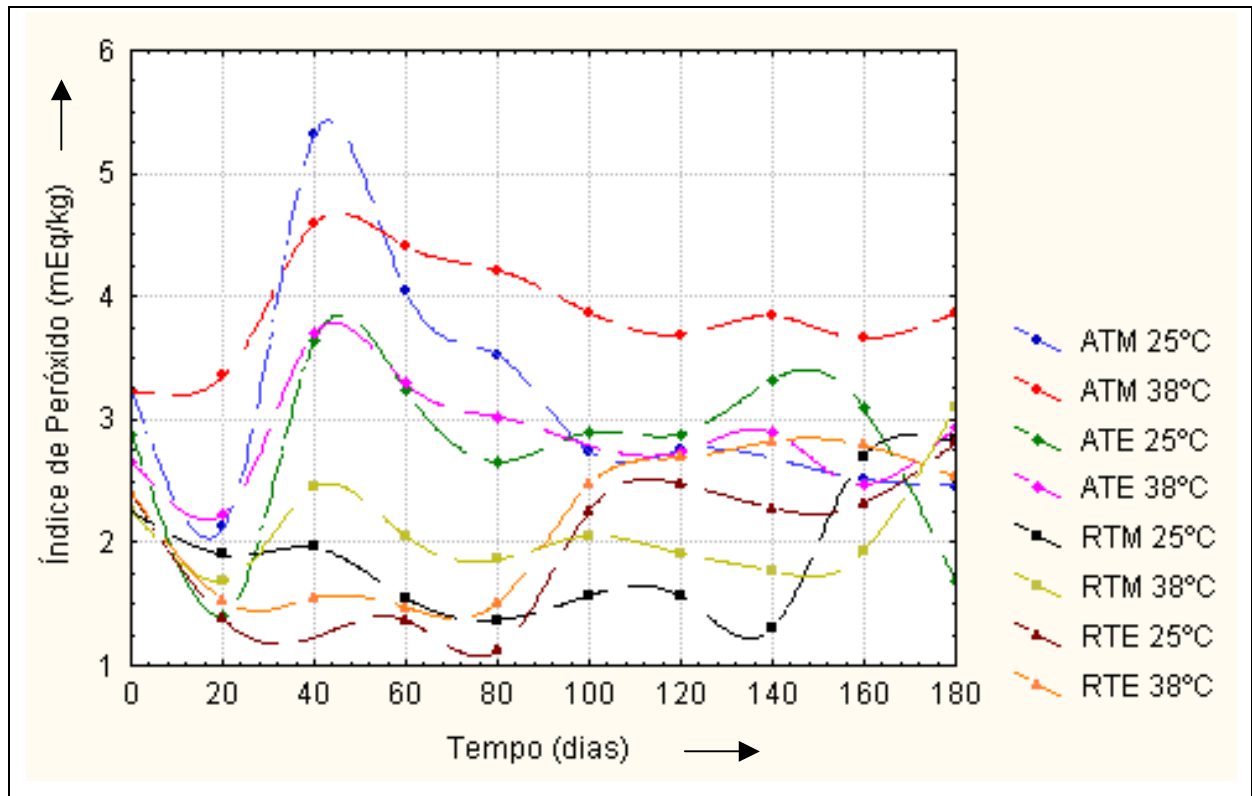
O comportamento do índice de peróxido neste trabalho está muito semelhante também ao obtido por RIAÑO e JARAMILLO, 2000 utilizando café torrado e moído acondicionado em embalagens de polietileno por um período de 150 dias.

TABELA 07-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O ÍNDICE DE PERÓXIDO

Tempo (dias)	Índice de Peróxido (mEq / kg amostra)							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	3,23 bc	3,23 a	2,88 a	2,65 ab	2,25 ab	2,25 ab	2,41 a	2,41 a
20	2,12 c	3,35 a	1,41 c	2,23 b	1,90 bc	1,69 b	1,38 bc	1,53 b
40	5,32 a	4,59 a	3,64 a	3,70 a	1,96 bc	2,45 ab	2,23 ab	1,55 b
60	4,04 ab	4,41 a	3,24 a	3,29 ab	1,55 cd	2,05 b	1,37 bc	1,47 b
80	3,52 bc	4,21 a	2,66 ab	3,02 ab	1,37 cd	1,86 b	1,12 c	1,51 b
100	2,74 bc	3,87 a	2,89 a	3,60 a	1,60 cd	2,05 b	2,26 ab	2,47 a
120	2,74 bc	3,69 a	2,88 a	2,73 ab	1,56 cd	1,91 b	2,48 a	2,67 a
140	2,15 c	3,84 a	3,23 a	2,90 ab	1,30 d	1,77 b	2,28 ab	2,82 a
160	2,51 bc	3,66 a	3,09 a	2,47 b	2,70 a	1,93 b	2,32 a	2,79 a
180	2,46 c	3,86 a	1,69 bc	2,93 ab	2,83 ab	3,09 a	2,81 a	2,54 a
Valor de p	0,0001	0,0451	0,0001	0,0006	0,0001	0,0013	0,0001	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das colunas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

FIGURA 14 – ÍNDICE DE PERÓXIDO EM FUNÇÃO DO TEMPO



De acordo com RAMOSA e CASTAÑO, 2000, para o café não existe um valor teórico de índice de peróxido, porém se o mesmo existir, deve ser mínimo com tendência a zero.

### 6.3.5 Índice de Acidez

A Tabela 8-A apresenta a influência das variáveis de processo no índice de acidez durante o período de armazenamento do café torrado e moído.

Através das análises estatísticas e conforme pode ser observado na Tabela 8 – A, a temperatura de armazenamento não apresentou influência sobre o índice de acidez no óleo.



TABELA 08-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NO ÍNDICE DE ACIDEZ

Tempo (dias)	Índice de Acidez (%)								Valor de p
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C	
0	2,74 b	2,74 b	3,35 a	3,35 a	2,30 bc	2,30 bc	1,95 c	1,95 c	0,0001
20	3,14 b	3,15 b	3,99 a	4,14 a	3,46 b	3,30 b	2,33 c	2,13 c	0,0001
40	3,90 c	3,88 c	4,81 a	4,90 a	4,23 b	4,39 b	3,13 d	3,27 d	0,0001
60	3,21 b	3,14 b	3,79 a	3,78 a	3,32 b	3,17 b	2,83 c	2,87 c	0,0001
80	3,11 b	3,14 b	3,73 a	3,88 a	3,10 b	3,00 b	2,47 c	2,68 b	0,0001
100	3,06 b	3,24 b	3,78 a	3,88 a	3,07 b	3,07 b	2,57 c	2,50 c	0,0001
120	3,24 bc	3,30 b	3,86 a	3,91 a	3,16 bc	3,00 b	2,71 d	2,72 d	0,0001
140	3,14 b	3,21 b	3,79 a	3,85 a	3,09 b	3,12 b	2,71 c	2,66 c	0,0001
160	3,15 b	3,10 b	3,90 a	3,89 a	3,12 b	3,29 b	2,54 c	2,65 c	0,0001
180	3,12 b	2,96 b	3,82 a	3,92 a	2,96 b	2,94 b	2,48 c	2,37 c	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das linhas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância;

Em relação ao grau de torrefação, verificou-se que o café ATE apresentou valores do índice de acidez maiores que o café ATM, entretanto, para o café robusta ocorreu um comportamento inverso.

Com relação ao tipo de matéria prima, verificou-se que o café ATE apresentou os maiores valores no índice de acidez. Por sua vez, as amostras ATM e RTM não diferiram nos valores do índice de acidez e o café RTE foi o que apresentou os menores valores.

A seguir serão apresentadas a Tabela 8-B e a Figura 15 que apresentam os resultados do índice de acidez para cada variável estudada ao longo de todo o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 08-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE O ÍNDICE DE ACIDEZ

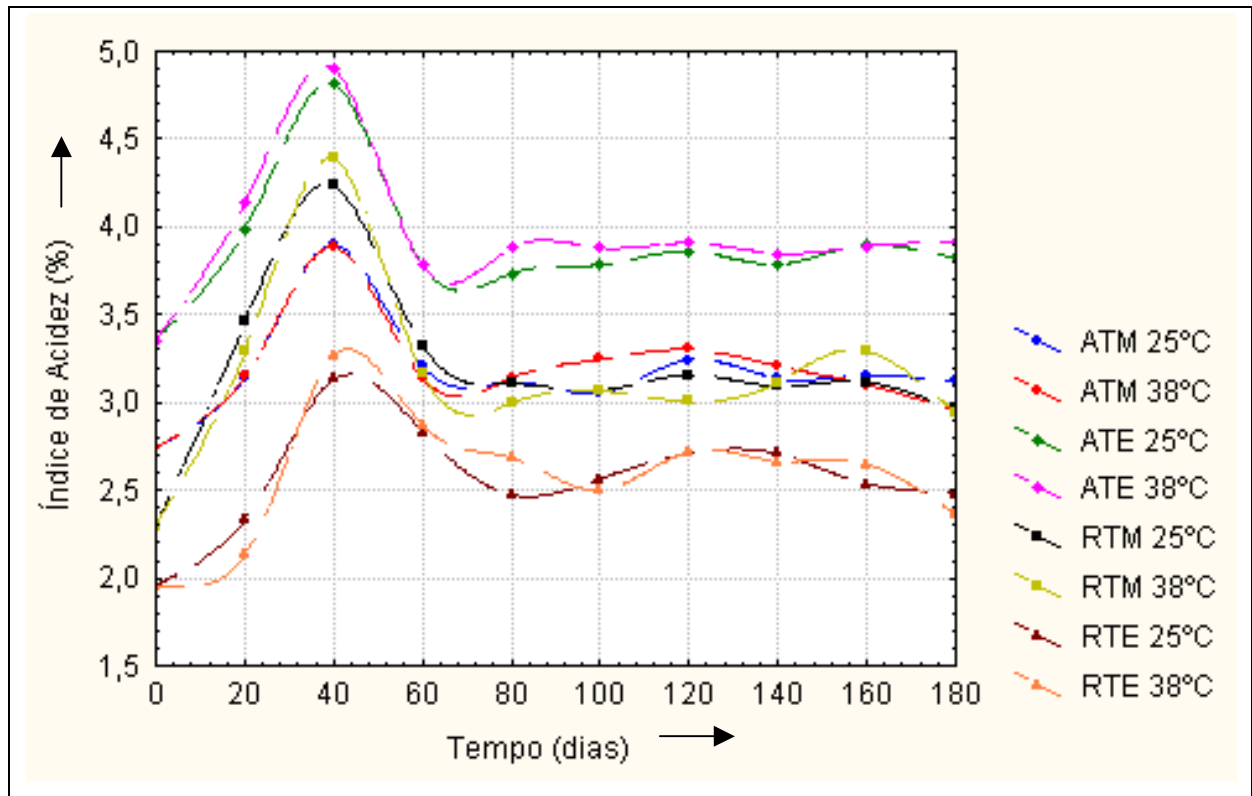
Tempo (dias)	Índice de Acidez (%)							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	2,74 c	2,74 d	3,35 d	3,35 d	1,95 e	1,95 e	1,95 e	1,95 d
20	3,14 b	3,15 bc	3,99 b	4,14 b	2,33 d	2,13 d	2,33 d	2,13 cd
40	3,90 a	3,88 a	4,81 a	4,90 a	3,13 a	3,27 a	3,13 a	3,27 a
60	3,21 b	3,14 bc	3,79 bc	3,78 c	2,83 b	2,87 b	2,83 b	2,87 ab
80	3,11 b	3,14 bc	3,73 c	3,88 c	2,47 c	2,68 bc	2,47 cd	2,68 bc
100	3,06 b	3,24 b	3,78 bc	3,88 c	2,57 c	2,50 bc	2,57 c	2,50 bcd
120	3,24 b	3,30 b	3,86 bc	3,91 c	2,71 c	2,72 bc	2,71 bc	2,72 ab
140	3,14 b	3,21 b	3,79 bc	3,85 c	2,71 c	2,66 bc	2,71 bc	2,66 bc
160	3,15 b	3,10 bc	3,90 bc	3,89 c	2,54 c	2,65 b	2,54 c	2,65 bc
180	3,12 b	2,96 bc	3,82 bc	3,92 c	2,48 c	2,37 c	2,48 cd	2,37 bcd
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das colunas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

Através da Tabela 8-B e da Figura 15, pode-se observar que em todas as amostras houve um aumento significativo do índice de acidez durante os primeiros 40 dias de armazenamento. Tal comportamento está muito próximo com a pesquisa realizada por VIDAL, 2001 considerando o mesmo período avaliado. Após o período

de 40 dias ocorreu um decréscimo no índice de acidez e a partir dos 60 dias de armazenamento os valores permanecem constantes.

FIGURA 15 – ÍNDICE DE ACIDEZ EM FUNÇÃO DO TEMPO



### 6.3.6 Dienos Conjugados

A seguir será apresentada a Tabela 9-A com a influência das variáveis de processo nos dienos conjugados durante o período de armazenamento do café torrado e moído.

A partir das análises estatísticas e como pode ser observado na Tabela 9-A, pode-se verificar que a temperatura de armazenamento de maneira global, não interferiu na análise dos dienos conjugados.

TABELA 09-A – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NOS DIENOS CONJUGADOS

Tempo (dias)	Dienos Conjugados (%)								Valor de p
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C	
0	18,00 b	18,00 b	17,40 c	17,40 c	18,71 b	18,71 b	20,87 c	20,87 c	0,0001
20	18,30 c	18,82 c	20,92 bc	20,55 bc	25,77 a	24,98 a	20,29 bc	22,56 b	0,0001
40	20,12 b	21,42 b	22,23 b	20,48 b	25,92 a	25,09 a	22,11 b	25,24 a	0,0001
60	20,08 d	23,34 bc	22,21 c	23,48 bc	27,22 a	26,66 a	22,50 c	24,09 b	0,0001
80	24,01 d	22,68 d	22,69 d	24,51 cd	29,33 a	29,65 a	26,87 bc	24,41 d	0,0001
100	24,87 bc	24,90 cd	22,45 cd	22,41 d	29,26 ab	26,76 ab	27,63 a	26,32 a	0,0001
120	25,78 b	24,80 bc	22,86 bc	22,73 c	28,35 ab	27,88 ab	30,29 a	28,84 a	0,0001
140	25,75 cd	24,56 de	23,71 ef	23,02 f	30,53 a	29,74 a	27,85 b	26,57 c	0,0001
160	24,20 c	25,22 c	23,87 c	24,75 c	30,86 a	29,58 ab	28,20 b	26,65 bc	0,0001
180	25,07 c	25,62 c	24,64 c	24,03 d	30,68 a	31,34 a	27,74 b	28,11 b	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das linhas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

A Figura 16 apresenta a influência da temperatura de armazenamento nos dienos conjugados nos cafés arábica e robusta de torrefação média e a Figura 17 apresenta o comportamento da influência do grau de torrefação para o café robusta.

FIGURA 16 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NOS DIENOS CONJUGADOS EM CAFÉS ARÁBICA E ROBUSTA DE TORREFAÇÃO MÉDIA EM FUNÇÃO DO TEMPO

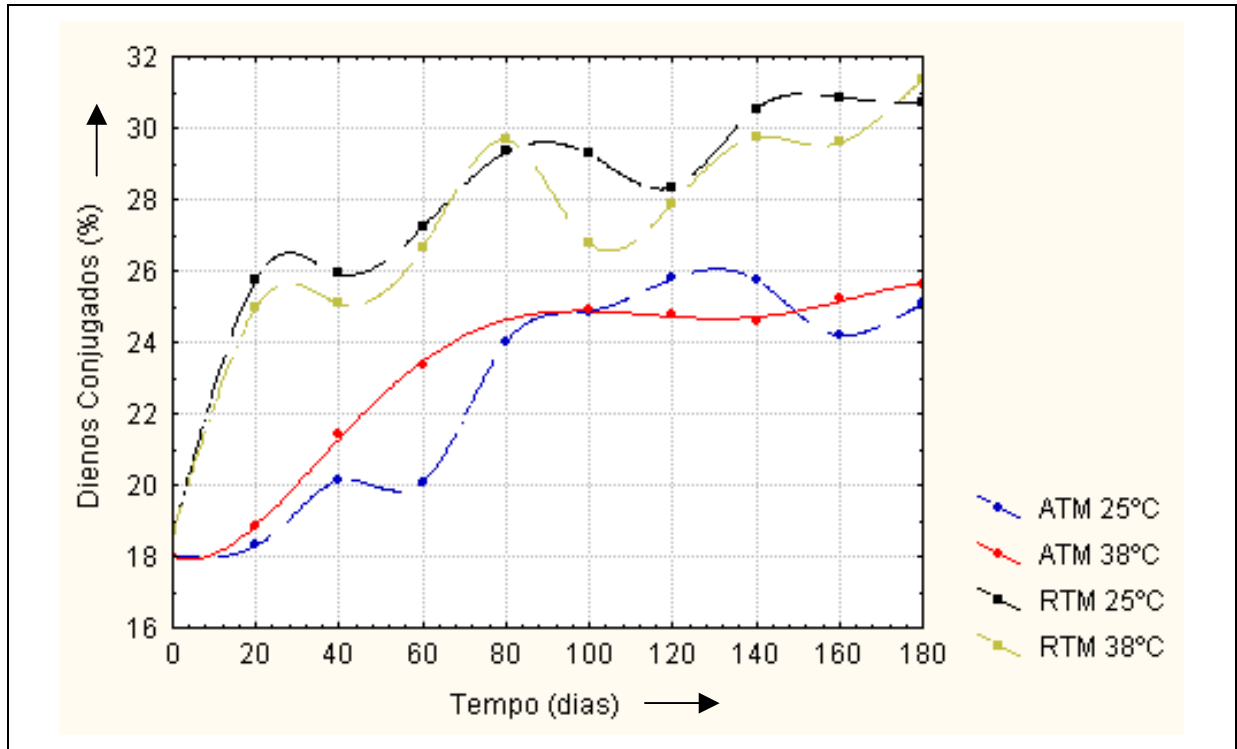
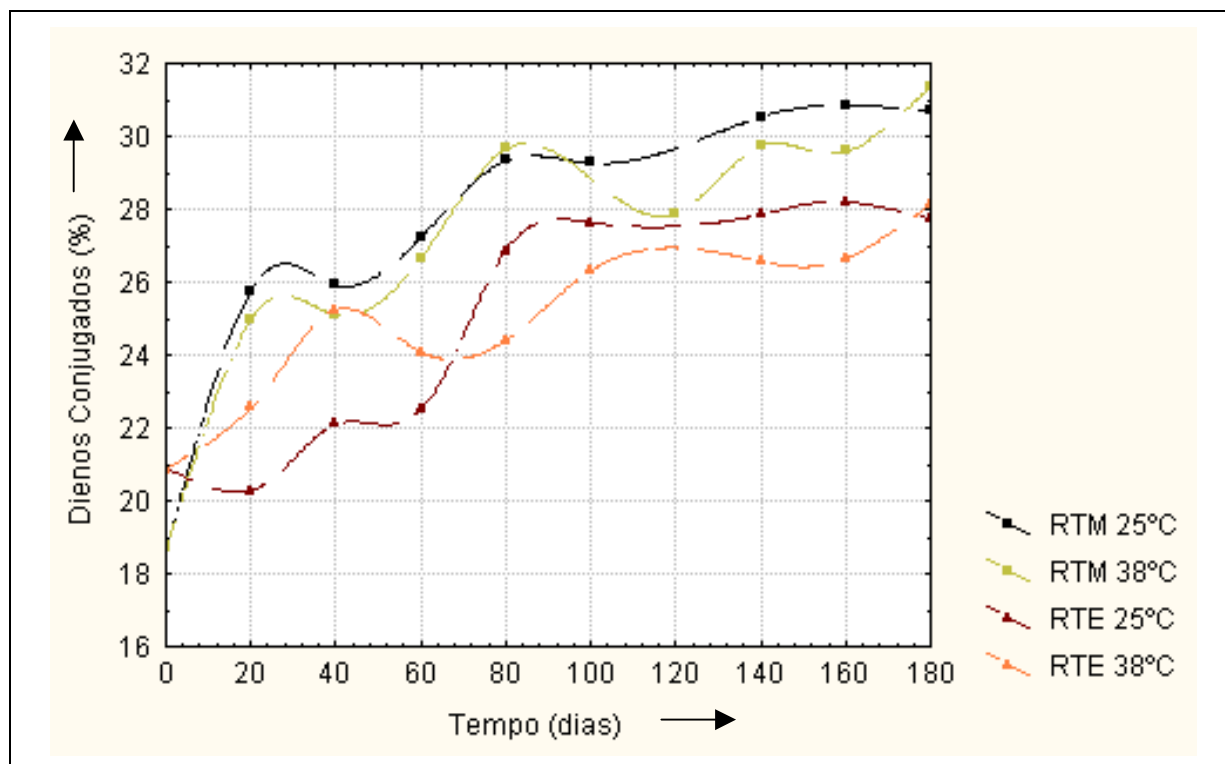


FIGURA 17 – INFLUÊNCIA DO GRAU DE TORREFAÇÃO NOS DIENOS CONJUGADOS EM CAFÉS ROBUSTA EM FUNÇÃO DO TEMPO



Em relação ao grau de torrefação, visualizado na Figura 17, as amostras RTM apresentaram valores superiores dos dienos em relação aos cafés RTE mas no café arábica, devido a imprecisão dos resultados não foi possível avaliar a influência do grau de torrefação.

Com relação a influência da matéria prima, observou-se que o café robusta apresentou valores maiores de dienos conjugados que o café arábica.

A seguir também serão apresentadas a Tabela 9-B e a Figura 18 que contém os resultados dos dienos conjugados para cada variável estudada ao longo de todo o período de armazenamento do café torrado e moído.

TABELA 09-B – INFLUÊNCIA DO PERÍODO DE ARMAZENAMENTO SOBRE OS DIENOS CONJUGADOS

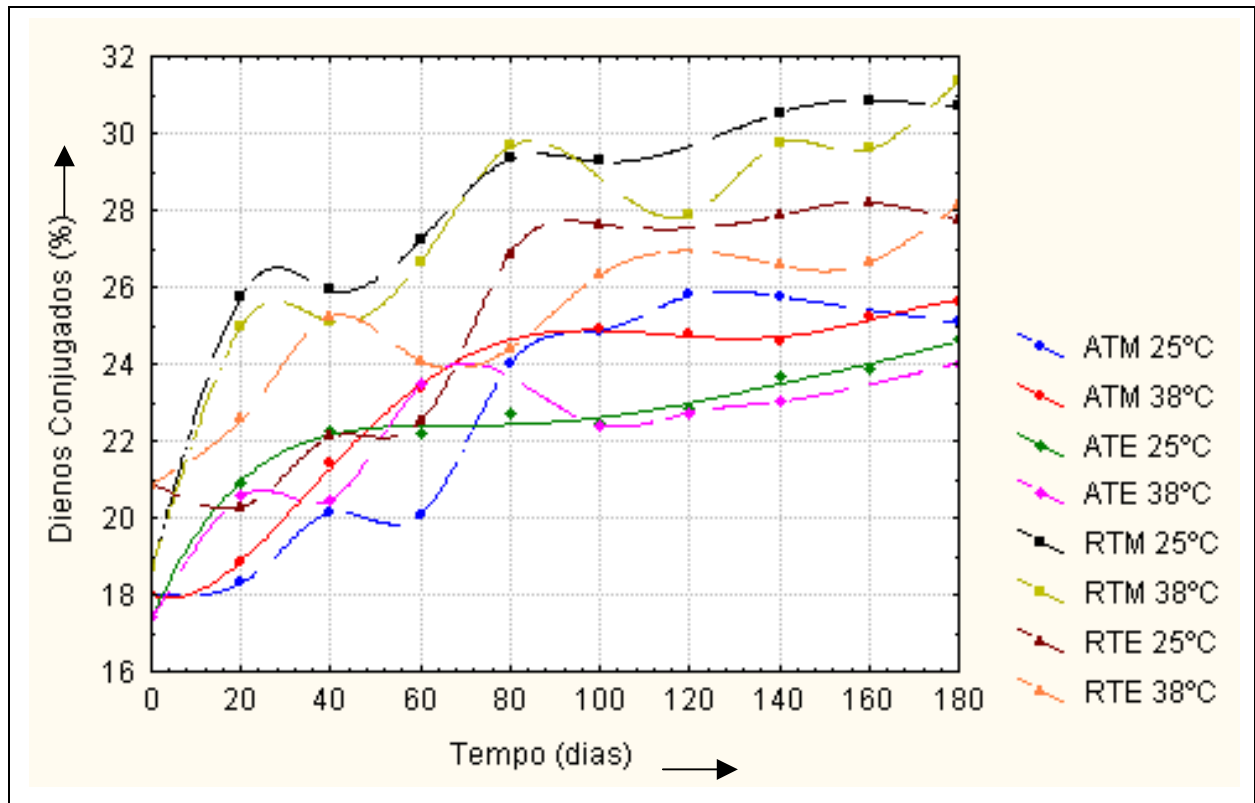
Tempo (dias)	Dienos Conjugados (%)							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	18,00 d	18,00 d	17,40 d	17,40 d	18,71 e	18,71 f	20,87 e	20,87 e

20	18,30 d	18,82 d	20,92 c	20,55 c	25,77 d	24,98 e	20,29 e	22,56 d
40	20,12 c	21,42 c	22,23 b	20,48 c	25,92 d	25,09 e	22,11 d	25,24 c
60	20,08 c	23,34 bc	22,21 b	23,48 b	27,22 c	26,66 d	22,50 d	24,09 c
80	24,01 b	22,68 bc	22,69 b	24,51 ab	29,33 b	29,65 b	26,87 c	24,41 c
100	24,87 ab	24,90 ab	22,45 b	22,41 b	29,26 b	26,76 cd	27,63 bc	26,32 bc
120	25,78 a	24,80 ab	22,86 b	22,73 b	28,35 bc	27,88 c	30,29 a	28,84 a
140	25,75 a	24,56 ab	23,71 ab	23,02 b	30,53 a	29,74 b	27,85 bc	26,57 b
160	24,20 b	25,22 ab	23,87 ab	24,75 a	30,86 a	29,58 b	28,20 b	26,65 b
180	25,07 ab	25,62 a	24,64 ab	24,03 ab	30,68 a	31,34 a	27,74 bc	28,11 a
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Observação: letras diferentes ao longo das colunas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

Através da Tabela 9-B e conforme pode ser observado na Figura 18, as amostras avaliadas apresentaram um acréscimo nos valores de dienos conjugados até cerca de 80 dias de armazenamento sendo que após esse período, observou-se uma tendência para a estabilização dos valores.

FIGURA 18 – DIENOS CONJUGADOS EM FUNÇÃO DO TEMPO



A análise de dienos não é freqüentemente utilizada em óleo de café, pois essa medida é mais comum em óleos de soja cujo valores de dienos são menores que os obtidos em óleo de café. Embora o valor de dienos depende da composição de ácidos graxos da amostra estes não podem ser usados como comparação do estado de oxidação de espécies diversas, podendo ser usado como medida da comparação de óleos de café com diferentes tratamentos.



## 7 CONCLUSÕES

O enfoque deste trabalho foi direcionado no sentido de verificar a influência das matérias primas arábica e robusta, o grau de torrefação do produto bem como a temperatura de armazenamento sobre a perda de qualidade do café torrado e moído durante o período de 180 dias de armazenamento.

Através do acompanhamento da perda de qualidade do café torrado e moído por meio de análises físico-químicas foi possível estabelecer as conclusões mostradas a seguir:

Ocorreram transformações importantes nas amostras de café torrado e moído durante o armazenamento do produto. Observou-se que para as análises de pH, acidez total da bebida e índice de acidez, as principais alterações ocorreram durante os primeiros 60 dias de armazenamento, e nos valores de dienos conjugados até 80 dias de armazenamento.

O comportamento das amostras avaliadas permitiu concluir que o envelhecimento do café torrado e moído acontece em duas etapas sendo que a primeira ocorre nos primeiros 90 dias de armazenamento e pode estar relacionado com o consumo de oxigênio no interior da embalagem, já a segunda etapa é caracterizada pela tendência de uniformidade das variáveis e ocorre ao longo de todo o período de armazenamento restante.

A temperatura de armazenamento apresentou influência apenas para as medidas do pH e da acidez total da bebida enquanto que para as análises realizadas utilizando os lipídeos do café, como o índice de peróxido, o índice de acidez e os dienos conjugados não se observou nenhum efeito da temperatura.

Com relação ao tipo de café utilizado verificou-se que o café arábica apresentou valores maiores nas medidas da acidez total da bebida, índice de peróxido e índice de acidez. O café robusta por sua vez apresentou valores maiores nas medidas do pH e dos dienos conjugados.

No que diz respeito ao grau de torrefação, verificou-se que os cafés arábica e robusta com cores de torrefação média favoreceram um produto mais higroscópico

que os cafés arábica e robusta que foram submetidos ao processo de torrefação escura.

Na matéria prima arábica com torrefação escura (ATE) observou-se que as medidas de pH, índice de acidez do óleo e dienos conjugados são maiores que no café arábica de torrefação média (ATM), porém no café robusta, ocorreu comportamento inverso, o que mostra a importância das características individuais existentes em cada tipo de café.

Apesar de não haver grandes alterações nas medidas do pH ao longo do tempo, verificou-se que esta medida foi a mais sensível para evidenciar as diferenças entre as matérias primas, o grau de torrefação e temperatura de armazenamento aos quais as amostras foram submetidas neste trabalho.

Caberiam aqui outras conclusões que poderiam ser pertinentes e de grande importância nesta pesquisa, porém a falta de evidências experimentais não permitiu o estabelecimento de novas conclusões e para que se possa avançar nas pesquisas sobre a qualidade do café torrado e moído serão apresentadas a seguir algumas sugestões para trabalhos futuros.

## **8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A fim de que se possa avançar no conhecimento a respeito da perda de qualidade do café torrado e moído sugere-se a realização de alguns estudos complementares apresentados a seguir:

Estudo do consumo de oxigênio e formação de gás carbônico no interior das embalagens durante o armazenamento de café torrado e moído, visto a grande importância que isso representa nas reações de oxidação que ocorrem no produto durante o armazenamento.

Análise da fração volátil quantitativa e qualitativa do café torrado e moído pois vários componentes voláteis são formados e eliminados durante as reações de oxidação do produto.

Estudar a perda de qualidade do café torrado e moído utilizando os “blends” das matérias primas que são usados pelas indústrias, pois é importante verificar a interação existente entre elas.

## 9 REFERÊNCIAS

ADELL, E.A.A. **Contribuição ao estudo de absorvedores enzimáticos de oxigênio na conservação de café torrado e moído**. Campinas, 1995. 57f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas.

ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. **Rancidity in Foods**. Londres: Blackie Academic & Professional, 3 ed, 1994.

ALVES, R.M.V.; MORI, E.E.; MILANEZ, C.R.; PADULA, M. Café torrado e moído em embalagens inertizadas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 181p. 650-653.

AMSTALDEN, L.C.; LEITE, F. Staling of ground roasted coffee in punctured commercial packages during storage. **Alimentaria**, p.103-110, enero/febrero, 2001.

ANDERSON, B.A.; SHIMONI, E.; LIARDON, R.; LABUZA, T.P. The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p.71-78, 2003.

ANESE, M.; DE PILLI, T.; MASSINI, R.; LERICI, C.R. Oxidative stability of the lipid fraction in roasted coffee. **Italian Journal of Food Science**, v.12, n.4, p.457-463, 2000.

ANGELUCCI, E. **Análise química do café**. Apostila do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL. Campinas, 1982.85p.

ANJOS, V.D.A.; STROPPIA, C.T.; MEZEZES, H.C. . Estabilidade de café torrado e moído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.33, n.2, p.139-145, jul./dez., 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of the Association of Analytical Chemists**. 15 ed. Washington, AOAC, 1990. 110p.

BAESSO, M.L.; SILVA, E.C DA.; VARGAS, H.; CORTEZ, J.G.; PELZL, J. Use of electron spin resonance for the determination of staling of roast coffee in polyethylene bag packs. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung**, v.191, p.24-27, 1990.

BALASUBRAMANYAM, N.; INDIRAMA, A.R.; RAIASEKHARAN, T.; ABRAHAM, K.O.; SHANKARANARAYANA, M.L. Studies on packaging of roasted coffee powder and raw seeds in flexible packages. **Indian Coffee**, v.53, n.1, p.5-14, 1989. Resumo.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1992. 151p.

BRAND, D. **Detoxificação biológica da casca de café por fungos filamentosos em fermentação no estado sólido**. Curitiba, 1999. 101f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná.

CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C. Embalagem para café torrado e café torrado e moído. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL**. Campinas, V.19, n.1, p.1-19, jan./mar., 1982.

CHÁFER, M.; ORTOLÁ, M.D.; CHIRALT, A. Estabilidade del café tostado durante el periodo de consumo. **Alimentaria**, v.06, p.123-128, noviembre, 1998.

CIA. IGUACU DE CAFÉ SOLÚVEL. **O mercado de café no Brasil: mapa do café**. Disponível em: <<http://www.iguacu.com.br/conhe/ptframe3.htm>> Acesso em: 12 set. 2003.

CLARKE, R.J.; MACRAE, R. **Coffee**. Londres: Elsevier, 1985. v.1; v.2.

COELHO, K.F.; PEREIRA, R.G.F.A.; VILELLA, E.R. Qualidade do café beneficiado em função do tempo de armazenamento e de diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**. Viçosa, v.2, p.22-27, 2001.

COFFEEMAN INTERNATIONAL. **The coffee chronicle**. Disponível em: <[http://www.coffeeman.com/coffeeman/coffee\\_chronicles.htm](http://www.coffeeman.com/coffeeman/coffee_chronicles.htm)>. Acesso em: 12 set. 2003.

DALLA ROSA, M.; SENSIDONI, A.; MANZANO, M.; LERICI, C.R. Early indications of chemical changes in foods. In: **TRENDS IN FOOD PRODUCT DEVELOPMENT**, 1989, Singapore. **Proceedings**: Singapore: 367-370. Resumo.

DALLA ROSA, M.; BARBANTI, D.; LERICI, C.R. Changes in coffee brews in relation to storage temperature. **Journal of science and food agriculture**, v.50, p.227-235, 1990.

DAMYANOVA, B.N.; VELIKOVA, R.; JHAM, G.N. Lipid classes, fatty acid composition and triacylglycerol molecular species in crude coffee beans harvestes in brazil. **Food Research International**, v.31, n.6-7, p.479-486, 1998.

DA PORTO, C.; NICOLI, M.C.; SEVERINI, C.; SENSIDONI, A.; LERICI, C.R. Study on physical and physicochemical changes in coffee beans during roasting. Note 2. **Italian Journal of Food Science**, v.3, p.197-207, 1991.

DUTRA, E.R.; OLIVEIRA, L.S.; FRANCA, A.S.; FERRAZ, V.P.; AFONSO, R.J.C.F. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust

gas for the determination of the degree of roast. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p.241-246, 2001.

ENCARNAÇÃO, R.O; LIMA, D.R. Café & saúde humana. **Embrapa café. Documentos 1**. Brasília, 64p, abr. 2003.

FERNANDES, S.M.; PINTO, N.A.V.D.; DE CARVALHO, V.D.; PEREIRA, R.G.F.A. Avaliação química da qualidade dos grãos de café torrados de duas cooperativas do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**. Viçosa, v.3, p.35-38,2001.

FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S DE.; BORGES, M.L.A; VITORINO, M.D. Evolução da composição do extrato aquoso de café durante o processo de torrefação. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**. Viçosa, v.2, p.37-47,2001.

FRANÇA, A.S.; OLIVEIRA, L.S.; VITORINO, M.D. Efeito da taxa de aquecimento na evolução da perda de massa e teor de umidade de grãos de café durante a torra. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**. Viçosa, v.4, p.03-08,2002.

HASENHUETTL, G.L; WAN, P.J. Temperature effects on the determination of oxidative stability with the metrohm rancimat. **JAACS**, v.69, n.6, p.525-527. Jun., 1992.

HUGHES, W.J.; THORPE, T.M. Determination of organic acids and sucrose in roasted coffee by capillary gas chromatography. **Journal of Food Science**, v.52, n.4, p.1078-1083, 1987.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Vol.1, São Paulo, 1985.

IUPAC. **Standard methods for the analysis of oil, fats and derivatives**. Oxford, Pergamon Press, 1979,170p.

KALLIO, H.; LEINO, M.; KOULLIAS, K.; KALLIO, S.; KAITARANTA, J. Headspace of roasted ground coffee as an indicator of storage time. **Food Chemistry**, England, v.36, p.135-148, 1990.

KOELSCH, C.M; DOWNES, T.W; LABUZA, T.P. Hexanal formation via lipids oxidation as a function of oxygen concentration: measurement and kinetics. **Journal of Food Science**, v.56, n.3, p.816-834, 1991.

KULAS, E.; ACKMAN, R. Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.1724-1729, 2001.

LAGO, R.C.A. Lipídios em grãos de café. **Boletim do Centro de Processamento de Alimentos – CEPPA**, Curitiba, v.19, n.2, p.318-330, jul./dez., 2001.

LERICI, C.R.; LERCKER, G.; PEPE, M.; MATASSA, P.; DALLA ROSA, M. Processi di trasformazione del caffè: aspetti chimici, fisici e tecnologici. Nota 1: Modificazioni in alcuni caratteri chimici e fisici. **Industrie Delle Bevande**, p.345-351, Ottobre, 1978.

LERCKER,G.; CABONI, M.F.; BERTACCO, G.; TURCHETTO, E.; LUCCI, A.; BORTOLOMEAZZI, R.; FREGA, N.; BOCCI, F. La frazione lipidica Del caffè. Nota 1: Influenze della torrefazione e della decaffeinizzazione. **Industrie Alimentari**, XXXV, p.1057-1061, 1996.

LINDLEY, M.G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, p.336-340, 1998.

LOPES, L.M.V.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G. Teor de sólidos solúveis, acidez total titulável e pH de grãos crus e torrados de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e suas variações com o processo de torração. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 748-751.

LUNA, L.E.Y.; RIAÑO, L.C.E.; OROZCO, G.L. Utilización de removedores de oxígeno y gas carbónico em el empaque y el almacenamiento de café tostado. **Cenicafé**, v.50, n.2, p.145-165, 1999.

MAEZTU, L.; SANZ, C.; DE PEÑA, S.A.M.P.; BELLO, J.; CID, C. Characterization of espresso coffee aroma by static headspace gc-ms and sensory flavor profile. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.5437-5444, 2001.

MASSINI, R.; NICOLI, M.C.; CASSARÀ, A.; LERICI, C.R. Study on physical and physicochemical changes of coffee beans during roasting. Note 1. **Italian Journal of Food Science**, v.2, p.123-130,1990.

MASSON, M.L.; SOCCOL, C.R.; FONTOURA, P. Tecnologia do café I. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos - CEPPA**. Curitiba, V.2, n.2, p.1-51, jul./dez., 1984.

MATIELO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo:Globo,1991.320p.

MAZZAFERA, P.; SOAVE, D.; ZULO, M.A.T.; FILHO, O.G. Oil content of green beans from some species. **Bragantia**. v.57. n.1, 1998.

MENDES, L.C.; MENEZES, H.C DE.; APARECIDA, M.; SILVA, A.P DA. Optimization of the roasting of robusta coffee (*C.canephora* conillon) using acceptability tests and RSM. **Journal of Food Quality and Preference**, v.12. p.153-162, 2001.

MOREIRA, R.F.A.; TRUGO, L.C.; DE MARIA, C.A.B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v.23, n.2, 195-203, 2000.

MORI, E.E.M.; ANJOS, V.D.A.; BRAGAGNOLO, N. Monitoramento da qualidade do café torrado e moído no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE BIOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA CAFEEIRA, 1999, Londrina. **Proceedings**: Londrina: IAPAR,513p, 493-497.

MORI, E.E.M.; FERREIRA, V.L.P.; GUEDES, L.B.R.; ARDITO, E.F.G.; YOTSUYANAGI, K.; SOLER, R.M. Vida-de-prateleira do café torrado e moído embalado a vácuo. **Boletim do Ital**, v.22, n.1, p.66-89, jan./mar., 1985.

NAGAMATO, R.J. **Tratamento de compostos voláteis orgânicos do café pela técnica da incineração catalítica**. Curitiba, 2001.114f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná.

NICOLI, M.C.; INNOCENTE, N.; PITTIA, P.; LERICI, C.R. Staling of roasted coffee: volatile release and oxidation reactions during storage. **ASIC,15 Colloque**, Montpellier, p.557-566, 1993.

NICOLI, M.C.; ANESE, M.; MANZOCCO, L.; LERICI, C.R. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. **Lebensm.-Wiss.u.-Technol.**, v.30, p.292-297, 1997.

NOGUEIRA, G.C.; BAGGIO, S.R.; BRAGAGNOLO, N.; MORAES, R.M.; MORI, E.E.M. Otimização da metodologia para determinação simultânea de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico em café utilizando hplc com coluna de permeação em gel. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p. 646-649.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A.G.J.; SCHOLS, H.A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**. v. 54, p. 183-192, 2003.

ORTOLÁ, M.D.; LONDOÑO, L.; GUTIÉRREZ, C.L.; CHIRALT, A. Influence of roasting temperature on physicochemical properties of different coffees. **Food Science and Technology International**. v. 4, p. 59-66, 1998.

PÁDUA, F.R.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; FERNANDES, S.M. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibra bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de café Arábia e conilon. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2001, Vitória. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 1568-1573.



PÁDUA, F.R.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; LOPES, L.M.V.; MELO, W.C.; MORAIS, A.R DE. Avaliação sensorial e da composição química, durante o armazenamento, do café torrado e moído. **Revista Brasileira de Armazenamento, Especial Café**. Viçosa, v.5, p.15-21,2002.

PEREIRA, R.G.F.A.; BARBOSA, C.R.; LOPES, L.M.V. Avaliação química de misturas em diferentes proporções de café arábica (*Coffea arabica* L.), bebida mole, e conilon (*Coffea canephora* Pierre). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 643-645.

PEREIRA, R.G.F.A.; BARBOSA, C.R.; LOPES, L.M.V.; CASTRO, D.P. Composição química do café obtido pela mistura em diferentes proporções de arábica (*Coffea arabica* L.), bebida riada e conilon (*Coffea canephora* Pierre). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p. 669-672.

PIMENTA, C.J.; VILELA, E.R. Avaliação química e qualitativa do café (*coffea arábica* L.) colhido sobre pano e no chão, em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento – Especial Café**, Viçosa, v.5, p.36-43, 2002.

PINTO, N.A.V.D.; PEREIRA, R.G.F.A; FERNANDES, S.M.; CARVALHO, V.D. Caracterização química e sensorial de bebidas e *blends* de cafés torrados tipo expresso. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2001, Vitória. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 1466-1472.

PINTO, N.A.V.D.; VILAS BOAS, B.M.; FERNANDES, S.M.; CARVALHO, V.D. DE. Composição química de diferentes padrões de bebida para prepare de café expresso provenientes da região sul de minas gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p,665-668.

QUINTERO, G.I.P. Calidad em taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica*L. **Cenicafé**, v.51 (1), p.5-19, 2000.

RAMOSA, A.M.M.; CASTAÑO, C.J.J. Empaque y almacenamiento de café tostado y molido al vacío y en atmósferas de nitrógeno y gas carbónico. **Cenicafé**, v.51, n.2, p.114-135, 2000.

REZENDE, A.M.; PONCIANO, N.J.; REZENDE, A.M.; GOMES, M.F.M. A qualidade do café torrado e moído e do café em grão exportado pelo Brasil na visão dos empresários do setor. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 372-374.

RIAÑO, L.C.E.; JARAMILLO, C.B. Uso de válvulas desgasificadoras para el empaque y almacenamiento de café tostado. **Cenicafé**, v.51 (1), p.66-77, 2000.

SABBAGH, N.K.; YOKOMIZO, Y. Efeito de torração sobre algumas propriedades químicas de cafés arábica e robusta. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL**. Campinas, V.7, p. 147-161, 1976.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U.; BRUNET, N. Oxidative stability of oil from blubber of harp seal (*Phoca groenladica*) as assessed by NMR and standard procedures. **Food Research International**. v.27, p.555-562, 1994.

SCHOLZ, M.B.S.; PRETE, C.E.C.; CRUDI, E.; MAGRI, T.B. Composição química de variedade de café (*Coffea arabica*). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p, 673-676.

SEAB – SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Informe.2002**. Curitiba, 2002.

SEGAFREDO ZANETTI. **Coffee process**: cultivation. Disponível em: <[http://www.segafredo.it/eng/espr-e\\_pro2\\_pag.htm](http://www.segafredo.it/eng/espr-e_pro2_pag.htm)>. Acesso em: 12 set. 2003.

SOBOLÍK, V.; ZITNÝ, R.; TOVCIGRECKO, V.; DELGADO, M.; ALLAF, K. Viscosity and electrical conductivity of concentrated solutions of soluble coffee. **Journal of Food Engineering**, v.51. p.93-98, 2002.

TAWFIK, M.S.; HUYGHEBAERT,A. Interation of packaging materials and vegetable oils: oil stability. **Food Chemistry**. v. 64, p.451-459, 1997.

THOMAIDIS, N.S.; GEORGIU, C.A. Edible oil analysis by flow injection. **Laboratory automation and information management**. v.34, p.101-114, 1999.

TURATTI, J.M. Extração e caracterização de óleo de café. In: II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL,2001, Vitória. **Resumos Expandidos**: Brasília: EMBRAPA CAFÉ,181p,1533-1539.

VAN DER STEGEN, G.H.D.; VAN DUIJN, J. Analysis of normal organic acids in coffee. **ASIC, 12 Colloque**, Montreux. p.238-246, 1987.

VIDAL, H.M. **Composição lipídica e a qualidade do café (*Coffea arabica* L.) durante armazenamento**. Minas Gerais, 2001. 93f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa.

VIEIRA, S. *Estatística experimental*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

WEATLEY, R.A. Some trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. **Trends in Analytical Chemistry**. v.19, n.10, p.617-628, 2000.

ZANONI, B.; PAGLIARINI, E. Coffee ultrafiltratio: composition and shelf-life of the permeate. **Lebensm.-Wiss.u-Technol.** v.25, p.271-274, 1992.

ZAMBIAZI, C. Oxidation reactions of vegetable oils and fats. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v.33, n.1, p.1-7, jan./jun., 1999.

## 10 APÊNDICE

A seguir serão apresentados os resultados gerais obtidos para as análises do teor de umidade, pH, acidez total da bebida, índice de peróxido, índice de acidez e dienos conjugados ao longo do período de armazenamento.

TABELA A.1 – RESULTADOS DO TEOR DE UMIDADE PARA CAFÉ ARÁBICA

Teor de Umidade (%)												
Tempo (dias)	ATM 25°C			ATM 38°C			ATE 25°C			ATE 38°C		
0	2,20	2,00	1,90	2,20	2,00	1,90	3,89	3,80	4,09	3,89	3,80	4,09
	2,20	2,00	1,90	2,20	2,00	1,90	3,90	3,99	4,10	3,90	3,99	4,10
20	2,30	2,21	2,29	2,39	2,18	2,40	4,30	3,90	3,79	3,99	3,59	3,59
	2,60	2,19	2,19	2,41	2,21	2,01	4,10	3,80	4,09	4,10	4,00	4,10
40	2,28	2,61	2,39	2,60	2,51	2,53	4,41	4,11	3,98	4,19	3,59	3,80
	2,79	2,70	2,68	2,49	2,50	2,30	4,12	4,10	3,90	3,80	3,79	3,79
60	2,50	2,21	2,41	2,49	2,61	2,51	4,41	3,39	4,59	4,31	4,11	3,90
	3,89	4,10	3,61	2,58	2,19	2,41	4,40	4,29	4,41	3,79	4,11	4,10
80	2,61	2,71	2,38	2,49	2,61	2,51	4,71	4,50	4,39	4,21	4,38	4,31
	2,79	3,19	2,80	2,58	2,19	2,41	4,50	4,20	4,30	4,49	4,12	4,38
100	2,88	2,79	2,59	3,79	3,50	3,61	4,41	4,50	4,71	4,10	4,20	3,99
	2,68	2,59	2,49	2,40	2,52	2,60	4,61	4,50	4,51	3,80	3,81	3,59
120	2,91	2,61	2,69	2,70	2,91	2,80	4,48	4,31	4,31	3,91	4,29	4,09
	2,91	2,80	2,90	2,81	2,79	2,80	4,99	4,80	5,12	4,20	4,00	4,10
140	2,89	2,80	2,83	3,49	3,52	3,39	4,59	4,70	4,60	3,81	4,00	3,98
	2,69	2,63	2,59	2,40	2,41	2,70	4,79	4,69	4,42	3,94	4,10	4,01
160	3,61	3,41	3,56	2,88	2,59	2,70	4,69	4,69	4,71	4,09	4,11	4,10
	2,91	3,16	2,78	2,81	2,69	2,90	4,81	4,92	4,90	4,31	4,39	4,99
180	3,00	3,31	3,30	2,51	2,61	2,70	5,01	4,80	4,68	4,11	3,98	4,30
	3,19	3,49	3,30	3,00	2,71	2,90	4,90	4,68	4,91	4,62	4,36	4,18

TABELA A.2 – RESULTADOS DO TEOR DE UMIDADE PARA CAFÉ ROBUSTA

Tempo (dias)	Teor de Umidade (%)											
	RTM 25°C			RTM 38°C			RTE 25°C			RTE 38°C		
0	1,90	2,10	2,10	1,90	2,10	2,10	3,30	3,20	3,40	3,30	3,20	3,40
	2,00	2,40	2,10	2,00	2,40	2,10	3,30	3,20	3,40	3,30	3,20	3,40
20	2,80	2,70	2,60	2,20	2,10	2,20	3,59	3,60	3,50	3,39	3,31	3,41
	2,50	2,49	2,30	2,30	2,10	2,00	3,39	3,50	3,49	3,61	3,39	3,59
40	2,50	2,40	2,40	2,69	2,60	2,40	3,80	3,40	3,40	3,41	3,70	3,68
	2,60	2,50	2,60	2,50	2,40	2,49	3,10	3,40	3,80	3,79	3,51	3,65
60	2,89	2,89	2,70	2,51	2,59	2,50	3,70	3,60	3,59	3,69	3,58	3,70
	2,29	2,88	2,80	2,91	2,61	2,58	3,60	3,70	3,79	3,81	3,51	3,50
80	2,91	2,82	2,45	3,02	2,92	3,10	3,71	3,71	3,69	3,50	3,40	3,50
	3,02	2,60	2,90	2,50	2,40	2,50	3,72	3,71	3,71	3,69	3,90	3,72
100	3,00	3,00	2,90	2,81	3,11	3,00	4,10	3,78	4,09	3,50	3,51	3,40
	2,88	2,79	2,99	2,81	3,11	3,00	3,69	3,81	3,79	3,70	3,49	3,51
120	2,71	2,81	2,79	2,69	2,69	2,89	3,99	3,81	4,18	4,20	4,28	4,11
	3,10	3,09	3,12	2,61	2,69	2,79	4,08	4,01	4,09	4,21	4,19	4,00
140	3,21	3,00	3,00	2,99	2,60	2,72	4,01	3,82	3,70	3,80	3,89	3,80
	3,21	3,10	3,02	3,00	2,80	2,91	4,48	4,01	4,10	3,89	3,71	3,60
160	2,90	3,01	3,29	2,91	3,20	3,40	3,70	4,10	3,80	2,89	3,60	3,39
	3,89	3,71	3,70	3,11	2,98	3,11	3,60	3,79	3,91	3,90	3,70	3,71
180	3,29	3,30	3,35	3,20	3,28	3,20	4,10	3,99	4,19	3,48	3,70	3,60
	3,60	3,53	3,50	3,31	2,99	3,18	3,70	4,19	4,42	3,41	3,30	3,30

TABELA A.3 – RESULTADOS DE pH PARA CAFÉ ARÁBICA E ROBUSTA

Tempo (dias)	pH							
	ATM 25°C	ATM 38°C	ATE 25°C	ATE 38°C	RTM 25°C	RTM 38°C	RTE 25°C	RTE 38°C
0	5,41 5,43	5,41 5,43	5,71 5,71	5,71 5,71	5,79 5,80	5,79 5,80	5,75 5,74	5,75 5,74
20	5,48 5,49	5,43 5,43	5,63 5,67	5,63 5,63	5,79 5,74	5,78 5,82	5,80 5,78	5,72 5,68
40	5,58 5,58	5,56 5,55	5,63 5,66	5,63 5,61	5,69 5,77	5,74 5,73	5,91 5,90	5,80 5,79
60	5,55 5,52	5,48 5,48	5,68 5,68	5,52 5,48	5,82 5,79	5,72 5,75	5,92 5,89	5,71 5,72
80	5,57 5,55	5,52 5,49	5,79 5,80	5,63 5,69	5,90 5,91	5,93 5,90	5,91 5,95	5,77 5,75
100	5,55 5,54	5,40 5,41	5,73 5,76	5,55 5,56	5,90 5,89	5,87 5,85	5,95 5,94	5,74 5,72
120	5,54 5,52	5,47 5,46	5,76 5,71	5,58 5,62	5,98 5,97	5,89 5,88	5,81 5,80	5,68 5,66
140	5,52 5,52	5,47 5,47	5,76 5,77	5,59 5,54	5,94 5,94	5,87 5,87	5,86 5,86	5,65 5,65
160	5,54 5,54	5,45 5,46	5,72 5,70	5,51 5,53	5,84 5,86	5,78 5,79	5,89 5,89	5,72 5,71
180	5,56 5,56	5,45 5,45	5,70 5,71	5,47 5,46	5,87 5,89	5,75 5,75	5,84 5,82	5,67 5,66

TABELA A.4 – RESULTADOS DA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA PARA CAFÉ ARÁBICA

Acidez Total da Bebida (mL NaOH 0,1N) / 100g amostra								
Tempo (dias)	ATM 25°C		ATM 38°C		ATE 25°C		ATE 38°C	
0	16,40	16,01	16,40	16,01	16,40	16,01	15,89	16,11
	16,20	15,81	16,20	15,81	16,20	15,81	15,99	15,81
20	16,67	16,26	16,67	16,26	16,98	16,89	16,58	16,61
	16,86	16,55	16,86	16,55	16,78	17,19	16,68	16,42
40	17,83	17,89	17,83	17,89	18,08	18,26	16,98	17,29
	18,03	17,59	18,03	17,59	17,78	18,17	16,78	16,79
60	18,43	17,98	18,43	17,98	17,53	17,97	17,53	17,40
	18,93	18,38	18,93	18,38	17,14	17,47	17,63	17,60
80	16,46	16,68	16,46	16,68	16,73	16,72	17,88	18,20
	16,16	16,78	16,16	16,78	16,93	16,43	18,37	18,30
100	15,99	15,98	16,00	16,49	18,56	19,39	22,98	22,93
	16,19	15,98	16,10	16,39	18,46	18,20	20,99	20,94
120	18,07	17,92	18,56	18,97	16,56	17,00	17,47	17,64
	18,07	18,02	19,06	18,67	16,46	16,80	17,17	17,64
140	17,86	17,84	18,47	17,63	16,20	16,50	18,26	18,95
	18,06	17,65	17,97	17,93	16,40	16,20	18,46	18,95
160	18,13	18,44	19,20	18,27	17,45	17,41	19,86	20,15
	18,13	18,13	18,90	18,56	17,35	17,51	19,96	19,95
180	14,88	16,50	18,17	17,77	17,45	17,41	19,84	20,69
	14,49	16,30	18,27	17,67	17,55	17,41	20,83	19,89

TABELA A.5 – RESULTADOS DA ACIDEZ TOTAL DA BEBIDA PARA CAFÉ ROBUSTA

Acidez Total da Bebida (mL NaOH 0,1N) / 100g amostra								
Tempo (dias)	RTM 25°C		RTM 38°C		RTE 25°C		RTE 38°C	
0	12,88	12,65	12,88	12,65	13,50	13,05	13,50	13,05
	13,47	12,55	13,47	12,55	13,70	13,15	13,70	13,15
20	13,78	13,88	13,90	13,64	13,51	13,41	14,86	14,85
	13,88	13,60	14,10	13,84	13,41	13,81	15,16	14,65
40	14,25	15,07	14,73	14,98	15,44	15,35	15,78	15,95
	14,85	14,87	14,73	14,78	15,64	15,06	15,68	15,75
60	14,79	14,94	15,48	15,51	15,19	15,25	15,18	15,77
	15,09	14,84	15,77	15,11	15,29	15,15	14,69	15,18
80	15,08	15,10	15,55	15,58	13,49	13,72	14,98	15,07
	14,78	15,20	15,75	15,09	13,79	12,93	14,98	14,97
100	15,79	15,56	15,70	15,45	13,80	13,95	15,28	15,46
	15,99	15,86	15,00	15,65	13,90	13,75	15,48	15,16
120	12,96	13,40	13,41	13,96	15,50	14,98	16,85	16,92
	12,86	13,40	12,91	13,86	15,30	15,08	16,85	16,92
140	12,92	13,38	13,87	14,34	15,94	15,29	16,98	16,85
	13,12	13,38	13,97	14,64	15,74	15,49	17,08	16,85
160	15,27	14,98	15,97	15,78	14,47	14,85	16,60	16,47
	15,37	15,08	15,87	15,97	14,67	14,85	16,50	16,67
180	15,09	15,25	15,86	15,99	15,13	14,50	16,38	16,39
	15,18	15,15	15,96	15,99	15,03	14,70	16,38	16,39



TABELA A.6 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA CAFÉ ARÁBICA

Índice de Peróxido (mEq/ kg amostra)									
Tempo (dias)	ATM 25°C		ATM 38°C		ATE 25°C		ATE 38°C		
0	3,17	2,47	3,17	2,47	2,68	3,02	2,68	3,02	
	2,86	4,41	2,86	4,41	5,28	2,96	5,28	2,26	
20	2,55	2,42	3,45	3,45	1,00	1,97	2,39	2,50	
	2,55	0,97	3,34	3,17	1,48	1,20	2,14	1,91	
40	4,95	5,58	5,28	6,86	3,53	3,56	3,48	3,81	
	5,63	5,11	4,48	4,02	4,00	3,47	3,81	3,71	
60	3,80	4,27	4,55	3,90	2,95	3,05	3,39	3,39	
	3,89	4,22	4,78	4,40	3,63	3,33	3,45	3,01	
80	3,67	2,43	4,25	4,42	2,68	2,21	3,55	2,62	
	3,67	4,32	4,89	3,30	3,12	2,61	2,85	3,06	
100	3,03	3,23	3,79	3,96	3,28	2,68	3,74	3,60	
	2,89	1,82	3,56	4,18	2,59	3,03	3,45	1,06	
120	2,84	1,67	4,24	4,24	2,94	3,41	2,84	3,07	
	3,33	3,14	4,04	2,81	1,81	3,38	1,85	3,18	
140	1,91	1,90	4,03	3,70	3,08	4,22	3,31	2,87	
	2,50	2,29	3,61	4,03	2,85	3,15	3,45	1,96	
160	1,91	2,83	2,79	3,29	3,33	3,18	2,41	2,19	
	2,82	2,50	4,03	4,52	3,07	2,79	3,19	2,09	
180	1,82	1,83	4,23	4,06	1,92	1,00	2,86	3,08	
	3,65	2,54	3,70	3,44	1,92	1,90	2,84	2,94	

TABELA A.7 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA CAFÉ ROBUSTA

Índice de Peróxido (mEq/ kg amostra)								
Tempo (dias)	RTM 25°C		RTM 38°C		RTE 25°C		RTE 38°C	
0	4,36	2,20	4,36	2,20	2,53	2,44	2,53	2,44
	2,19	2,36	2,19	2,36	2,34	2,31	2,34	2,31
20	1,96	0,97	1,49	1,56	1,18	1,57	1,51	1,51
	1,87	1,87	1,85	1,85	1,18	1,57	1,56	1,56
40	1,98	2,06	2,37	2,10	1,38	2,17	1,11	1,11
	0,95	1,85	2,25	3,10	2,59	2,78	1,96	2,03
60	1,61	1,45	2,42	1,98	1,39	1,45	1,43	1,54
	1,50	1,63	2,00	1,80	1,45	1,18	1,46	1,47
80	1,30	1,30	1,69	1,56	1,27	0,69	1,87	1,55
	1,37	1,43	2,10	2,10	1,26	1,26	1,23	1,38
100	1,82	1,22	1,92	2,19	2,90	2,90	2,33	3,68
	1,61	1,61	2,05	2,05	1,93	1,96	2,62	2,62
120	1,44	1,44	2,04	1,39	2,99	1,96	2,68	2,56
	1,75	1,49	2,31	2,31	2,48	2,48	2,76	2,76
140	1,51	1,51	1,55	2,17	2,44	2,44	2,75	2,75
	0,98	1,23	1,63	1,73	1,98	6,70	2,90	2,90
160	1,30	2,84	2,04	1,72	2,04	2,13	2,94	1,53
	2,64	2,60	1,21	2,76	2,46	2,65	2,66	2,77
180	1,78	2,46	2,69	3,07	2,43	2,71	2,42	2,32
	2,53	2,77	2,69	3,92	2,73	3,36	2,88	2,88

TABELA A.8 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE ACIDEZ PARA CAFÉ ARÁBICA

Índice de Acidez (%)								
Tempo (dias)	ATM 25°C		ATM 38°C		ATE 25°C		ATE 38°C	
0	2,87	2,95	2,87	2,95	3,42	3,42	3,42	3,42
	2,56	2,56	2,56	2,56	3,29	3,29	3,29	3,29
20	3,10	3,19	3,29	3,11	3,79	3,89	4,37	3,75
	3,10	3,19	3,06	3,14	4,17	4,10	4,22	4,22
40	3,92	3,80	3,95	3,92	4,82	4,63	4,85	4,92
	3,93	3,93	3,79	3,87	4,71	5,08	4,91	4,92
60	3,23	3,23	3,16	3,20	3,73	3,62	3,68	3,84
	3,21	3,15	3,10	3,09	3,85	3,95	3,77	3,84
80	3,19	3,16	3,05	3,01	3,82	3,83	3,94	3,95
	3,04	3,06	3,19	3,31	3,68	3,61	3,88	3,75
100	3,15	3,08	3,15	3,32	3,70	3,79	3,84	3,84
	2,94	3,05	3,28	3,23	3,82	3,82	3,91	3,93
120	3,17	3,28	3,25	3,25	3,89	3,92	3,90	3,63
	3,25	3,27	3,35	3,35	3,87	3,76	4,13	3,97
140	3,12	3,12	3,15	3,23	3,86	3,76	3,88	3,86
	3,10	3,21	3,17	3,27	3,76	3,76	3,83	3,82
160	3,18	3,17	3,02	3,03	3,91	3,93	3,99	3,89
	3,17	3,09	3,18	3,18	3,90	3,84	4,01	3,67
180	3,17	3,13	3,10	2,90	3,84	3,76	4,01	3,80
	3,07	3,12	2,91	2,93	3,75	3,95	3,91	3,95

TABELA A.9 – RESULTADOS DO ÍNDICE DE ACIDEZ PARA CAFÉ ROBUSTA

Índice de Acidez (%)								
Tempo (dias)	RTM 25°C		RTM 38°C		RTE 25°C		RTE 38°C	
0	2,60	1,95	2,60	1,95	1,99	1,91	1,99	1,91
	2,60	2,04	2,60	2,04	1,99	1,91	1,99	1,91
20	3,44	3,48	3,25	3,39	2,39	2,31	2,19	2,10
	3,44	3,48	3,14	3,39	2,43	2,19	2,12	2,11
40	4,21	4,27	4,66	4,18	3,09	3,22	3,18	3,38
	4,27	4,18	4,13	4,58	3,00	3,22	3,31	3,21
60	3,25	3,46	3,19	3,32	2,81	2,83	3,29	2,84
	3,15	3,43	3,04	3,14	2,86	2,83	2,50	2,84
80	3,08	3,14	2,98	2,98	2,45	2,41	2,55	2,08
	3,00	3,20	3,00	3,03	2,57	2,47	2,56	3,55
100	2,94	3,20	3,02	2,98	2,68	2,60	2,49	2,42
	2,94	3,20	3,09	3,17	2,62	2,36	2,47	2,62
120	3,19	3,03	2,92	3,12	2,62	2,81	2,79	2,75
	3,33	3,07	3,01	2,97	2,75	2,66	2,61	2,72
140	3,10	3,12	3,10	3,14	2,53	2,79	2,67	2,69
	3,14	3,01	3,17	3,05	2,72	2,78	2,60	2,69
160	3,14	3,13	3,30	3,18	2,35	2,64	2,78	2,68
	3,09	3,10	3,62	3,07	2,67	2,49	2,60	2,54
180	3,01	2,90	2,91	2,86	2,66	2,44	2,19	2,42
	3,06	2,88	2,90	3,10	2,45	2,36	2,29	2,57

TABELA A.10 – RESULTADOS DOS VALORES DE DIENOS CONJUGADOS PARA CAFÉ ARÁBICA

Dienos Conjugados (%)								
Tempo (dias)	ATM 25°C		ATM 38°C		ATE 25°C		ATE 38°C	
0	18,44	17,39	18,44	17,39	16,99	17,59	16,99	17,59
	18,63	17,54	18,63	17,54	17,13	17,89	17,13	17,89
20	18,24	18,24	18,79	18,90	19,15	22,76	20,03	20,85
	18,35	18,35	18,79	18,80	19,08	22,69	20,24	21,07
40	20,38	19,84	23,06	19,73	21,40	23,02	19,82	21,11
	20,35	19,92	23,14	19,76	21,36	23,12	19,82	21,15
60	19,12	20,99	22,65	23,99	22,33	22,15	23,66	23,41
	19,15	21,08	22,74	23,99	22,24	22,15	23,27	23,56
80	23,86	24,16	22,68	22,67	23,16	22,19	24,49	24,49
	23,86	24,16	22,68	22,69	23,23	22,19	24,53	24,53
100	24,65	25,15	23,97	25,82	22,71	22,21	22,65	22,11
	24,49	25,18	23,97	25,86	22,68	22,21	22,75	22,14
120	25,59	25,98	24,20	25,41	22,42	23,36	22,25	23,16
	25,56	25,98	24,20	25,37	22,35	23,32	22,35	23,16
140	26,10	25,43	24,56	24,56	23,37	24,08	22,92	23,17
	26,00	25,48	24,56	24,56	23,25	24,13	22,92	23,09
160	23,65	24,79	25,41	25,07	23,48	24,29	23,76	25,69
	23,76	24,59	25,48	24,93	23,40	24,29	23,76	25,77
180	24,67	25,40	24,84	26,27	23,94	25,41	23,58	24,39
	24,72	25,48	24,88	26,47	24,02	25,18	23,83	24,30

TABELA A.11 – RESULTADOS DOS VALORES DE DIENOS CONJUGADOS PARA CAFÉ ROBUSTA

Dienos Conjugados (%)								
Tempo (dias)	RTM 25°C		RTM 38°C		RTE 25°C		RTE 38°C	
0	19,30	18,11	19,30	18,11	20,64	21,00	20,64	21,00
	19,40	18,04	19,40	18,04	20,72	21,11	20,72	21,11
20	25,23	25,92	23,87	26,07	21,29	19,22	22,40	22,84
	25,40	26,54	24,10	25,88	21,43	19,22	22,55	22,45
40	25,52	26,24	23,68	26,45	20,76	23,44	25,09	25,31
	25,57	26,34	23,72	26,50	20,73	23,49	25,31	25,22
60	27,14	27,26	26,81	26,53	22,32	22,62	24,16	23,99
	27,22	27,26	26,62	26,67	22,46	22,58	24,12	24,09
80	29,00	29,00	29,65	29,65	27,22	26,56	26,50	22,28
	29,05	29,28	29,65	29,65	27,27	26,41	26,58	22,28
100	30,51	27,92	26,68	26,68	27,28	28,04	27,39	25,24
	30,55	28,07	26,84	26,84	27,28	27,93	27,43	25,20
120	29,54	27,18	25,44	30,32	31,78	28,87	28,79	28,83
	29,54	27,14	25,44	30,32	31,60	28,91	28,91	28,83
140	30,13	30,94	29,17	30,27	28,30	27,63	27,39	25,88
	30,00	31,05	29,21	30,32	28,11	27,37	27,12	25,88
160	31,16	30,50	28,53	30,75	28,61	27,76	26,24	27,10
	31,20	30,59	28,39	30,66	28,70	27,72	26,32	26,94
180	31,00	30,33	31,40	31,19	28,39	27,17	27,47	28,68
	31,00	30,41	31,45	31,33	28,04	27,35	27,47	28,85