

RILDO ARAUJO LEITE

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
PRÉ-PROCESSADO POR “VIA SECA” E “VIA ÚMIDA”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
SETEMBRO – 1998

RILDO ARAUJO LEITE

**QUALIDADE TECNOLÓGICA DO CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
PRÉ-PROCESSADO POR “VIA SECA” E “VIA ÚMIDA”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 9 de junho de 1998.

Prof^ª. Maria Goreti de Almeida Oliveira
(Conselheira)

Prof. Fernando Pinheiro Reis
(Conselheiro)

Prof. José Helvecio Martins

Prof^ª. Tânia Toledo de Oliveira

Prof. Paulo César Corrêa
(Orientador)

A Deus, fonte de luz.
Ao meu filho Diego.
Aos meus pais.
Aos meus irmãos.
À Manhota.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela força que me deu nos momentos de fraqueza e por ter-me iluminado durante toda a minha vida.

Ao meu filho Diego, pelo amor sincero, pelo carinho, pelo incentivo e pelo apoio em todos os momentos.

Ao meu bom Pai e à minha querida Mãe, pelo apoio, pelo incentivo, pelo exemplo de caráter e pelo amor que sempre me deram.

Aos meus irmãos, pela união, pelo incentivo e pelo apoio.

À minha avó Manhota, pelo carinho e pelo exemplo de vida.

Ao professor Paulo César Corrêa, pela confiança, pela amizade, pelos conselhos, pelo incentivo à pesquisa e pela orientação no decorrer deste trabalho.

À professora Maria Goreti de Almeida Oliveira, pela boa vontade, pelos ensinamentos, pelo apoio e pela colaboração indispensável.

Ao professor Fernando Pinheiro Reis, pela boa vontade, pelos ensinamentos, pelo apoio e pela colaboração indispensável.

À professora Tânia Toledo de Oliveira, pela amizade, pelo apoio e pela valiosa colaboração.

Ao professor José Helvecio Martins, pela amizade, pela boa vontade e pelas valiosas sugestões.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

À Cooperativa dos Produtores de Café de Guaxupé, em especial ao Sr. Nelson Coelho e a toda a sua equipe, pela colaboração na realização deste trabalho.

À Cooperativa dos Produtores de Café de Viçosa, pelo apoio na realização desta pesquisa, em especial aos produtores Alexandre Aad, José Chequer e Paulo Márcio, pela confiança e colaboração.

À zootecnista Ana Paula R. de Jesus, pela paciência, pela amizade, pelo apoio e pelo carinho.

Ao engenheiro agrícola Jackson A. Barbosa, pela amizade, boa vontade e valiosa colaboração.

Ao funcionário Sr. João, pela ajuda e boa vontade.

Ao funcionário Jorge L. M. Rezende, pela amizade, boa vontade e colaboração.

À funcionária Sr.^a Marli A. C. Leão, pela amizade, boa vontade e valiosa colaboração.

Aos amigos dos cursos de graduação em Ciências Agrárias, pela amizade e pelo companheirismo.

Aos professores e funcionários dos Departamentos de Engenharia Agrícola e de Química e a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RILDO ARAUJO LEITE, filho de Esterlino Leite Cruvinel e Telma Araujo Leite, nasceu em 14 de outubro de 1968, em Bambuí, Estado de Minas Gerais.

Em 1989, ingressou na Universidade Federal de Lavras, graduando-se em Engenharia Agrícola em dezembro de 1995.

Em março de 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, na área de Armazenamento de Grãos, defendendo tese em junho de 1998.

CONTEÚDO

EXTRATO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Colheita	5
2.2. Preparo do café	5
2.2.1. Preparo por “via seca”	7
2.2.2. Preparo por “via úmida”	7
2.3. Composição química do grão de café verde	8
2.4. Fatores bioquímicos que afetam a qualidade do café	8
2.5. Atividade de polifenoloxidase	10
2.6. Índice colorimétrico dos grãos de café	13
2.7. Influência das condições físicas durante o armazenamento na qualidade do café	16
2.8. Avaliação objetiva da cor	18
2.8.1. Avaliação da cor em colorímetro tristímulo – Sistema CIE.....	19
2.8.2. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter	19
2.8.3. Avaliação da cor em espectrofotômetro	20
2.9. Classificação do café	21
2.9.1. Classificação quanto ao tipo	21

2.9.2. Classificação quanto à cor	21
2.9.3. Classificação quanto ao tipo de peneira	21
2.9.4. Classificação quanto ao aspecto	22
2.9.5. Classificação quanto ao gosto da bebida	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Condicionamento dos grãos de café	23
3.2. Amostragem experimental	24
3.3. Avaliação subjetiva	25
3.3.1. Análise sensorial da qualidade da bebida	25
3.4. Avaliação objetiva	26
3.5. Testes químicos	27
3.5.1. Determinação da atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO)	27
3.5.2. Índice colorimétrico	27
3.6. Testes físicos	28
3.6.1. Avaliação da evolução da cor	28
3.7. Avaliação estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Teste subjetivo	31
4.1.1. Análise sensorial	31
4.2. Testes objetivos	34
4.2.1. Atividade enzimática	34
4.2.2. Avaliação do índice colorimétrico	37
4.3. Testes físicos	39
4.3.1. Evolução da cor dos grãos	39
5. RESUMO E CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE	50

EXTRATO

LEITE, Rildo Araujo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 1998.
Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida”. Orientador: Paulo César Corrêa. Conselheiros: Maria Goreti de Almeida Oliveira e Fernando Pinheiro Reis.

Este trabalho visou estudar métodos simples, objetivos e mensuráveis para avaliação da qualidade do café. Avaliaram-se o efeito do tempo de armazenamento na qualidade do “café coco”, “descascado” e beneficiado; a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO); o índice colorimétrico medido em espectrofotômetro; e a cor dos grãos medida em colorímetro tristímulo. Tais métodos foram objetivos na determinação da qualidade do café. Os resultados foram comparados com os do método sensorial clássico. A avaliação subjetiva foi realizada na Cooperativa dos Produtores de Café de Guaxupé, em Guaxupé, MG, onde foram realizados os testes de classificação quanto ao tipo, à cor, ao tipo de peneira, ao aspecto do produto, à torração e ao gosto da bebida. Para avaliação objetiva, foram feitos os testes químicos de avaliação da atividade da polifenoloxidase, utilizando-se o método descrito por Fujita e colaboradores em 1995. Com relação aos testes físicos, foi feita a determinação do índice colorimétrico, utilizando-se a metodologia descrita por Singleton, em 1996, com adaptação e avaliação da cor, por meio de um colorímetro tristímulo, pelo método de Hunter, usando-se os parâmetros L, a e

b, em que o parâmetro “L” é relativo ao branco e negro, “a” ao vermelho e verde e “b” ao amarelo e azul. Com base nos resultados obtidos nos testes experimentais, concluiu-se que a qualidade da bebida avaliada pelo “teste de xícara” manteve-se constante durante o armazenamento, exceto no caso do café “descascado”, que, a partir de seis meses, apresentou queda de qualidade. Observou-se que existe relação direta entre PPO, cor e qualidade da bebida. Durante o período de armazenamento, todos os tipos de café apresentaram variação de cor tendendo ao branqueamento. No café beneficiado, esta tendência foi mais marcante.

ABSTRACT

LEITE, Rildo Araujo, M.S., Universidade Federal de Viçosa, September 1998.
Quality evaluation of natural and washed coffee (*Coffea arabica* L.) during ten months under storage conditions. Adviser: Paulo César Corrêa. Committee members: Maria Goreti de Almeida Oliveira and Fernando Pinheiro Reis.

The objective of this work was to study the simple, objective and measurable methods for evaluation of coffee quality. The storage time effect on the green-and-pulped natural coffee quality was evaluated as well as the polyphenoloxidase enzyme (PPO) activity, the colorimetric index which measured by spectrophotometer and the grain color measured by the tristimulus colorimeter were evaluated as objective methods for the determination of coffee quality. The results were compared to the classic sensorial method. The subjective evaluation was performed at the Cooperativa dos Produtores de Café in Guaxupé - MG where the classification tests were conducted for the type, color, sieve type, the product aspect, roasting and drink taste. In the objective evaluation the chemical tests were performed through absorbance readings for polyphenoloxidase activity and the colorimetric index, both by the spectrophotometer use. Relatively to the physical test the color evolution was evaluated by the Hunter's method through a tristimulus colorimeter by using the "L", "a" and "b" parameters; the "L" parameter was relative to the white and

black, the “a” parameter to the red and green and the “b” parameter to the yellow and blue. Based on the results obtained from the experimental test, it was concluded that the quality of the cupping-evaluated coffee drink maintained constant during storage except for the pulped coffee which showed quality decreasing from six storage months. It was also observed that there is a direct relation among the PPO, drink color and quality. During the storage period all coffee types presented color variation which tended to whitening; this tendency was more accentuated in the green coffee.

1. INTRODUÇÃO

O café é responsável por significativa geração de divisas para o Brasil, na ordem de 2,5 bilhões de dólares por ano. Tem, ainda, efeito multiplicador, na forma de taxas e impostos arrecadados pelos governos dos estados e dos municípios, e resulta em renda e empregos para os setores de comércio e indústria (MATIELLO, 1991).

GUIMARÃES (1995) relatou que o Brasil sempre ocupou a posição de maior produtor e exportador de café do mundo, porém, no início do século, as safras brasileiras, que representavam 70 a 80% das vendas mundiais de café, caíram para, aproximadamente, 25% do total dessas exportações em razão, principalmente, da concorrência de preço, dado o aumento de produção dos outros países, bem como o fator qualidade de nosso produto.

Apesar do decréscimo na exportação brasileira, estimou-se, na safra 96/97, que o Brasil produziu 27,5 milhões de sacas beneficiadas, com a ressalva de que Minas Gerais, Estado maior produtor, contribuiu com 15 milhões de sacas (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ, 1997).

A falta de um padrão de qualidade para o produto nacional foi um dos fatores responsáveis pelo declínio brasileiro no mercado internacional. A crescente exigência de qualidade do mercado externo, vinculada à estratégia brasileira de exportar sempre maiores quantidades, favoreceu para que os

principais concorrentes percebessem mais cedo a importância de aplicar estratégias de comercialização e ofertar produto de melhor qualidade, possibilitando, dessa forma, os melhores preços no mercado internacional (TÔRRES, 1997).

Em regiões consideradas produtoras de café de baixa qualidade, pode-se também produzir café do tipo superior, desde que sejam observadas as técnicas de colheita, preparo e secagem, bem como as técnicas agrônômicas (SILVA, 1995). Este autor ainda ressaltou que, durante a colheita, o produto apresenta-se heterogêneo quanto à maturidade e ao teor de umidade e que, devido a esses fatores, o pré-processamento do café é realizado de duas maneiras distintas: via úmida, que produz café “despolpado” ou “descascado”; e via seca, que produz café “coco”, ou em coco.

Os agricultores brasileiros têm condições para produzir café de boa qualidade. Atualmente, vem crescendo o número de produtores de café “descascado” ou “despolpado”, o que, em futuro próximo, colocará o País como produtor de café com qualidade igual ou superior à qualidade do café nos países concorrentes.

MENCHÚ (1967) relatou que os procedimentos atuais de avaliação da qualidade do café limitam-se, apenas, a uma série de apreciações subjetivas de aromaticidade, sabor e aspecto do produto, ignorando as causas dos danos físicos e, ou, químicos, devido aos diversos agentes causadores desses danos que depreciam o café. Profissionais treinados, cuja habilidade deve ser adquirida ao longo de anos de experiência, são os responsáveis pela avaliação subjetiva do café. A atual classificação da qualidade do café de acordo com aspecto, tipo e classificação da bebida, por prova de xícara, poderia ser complementada com a adoção de métodos físicos e químicos, que facilitariam a avaliação, tornando-a menos subjetiva.

Vários estudos têm evidenciado existir relação entre alguns componentes químicos do grão beneficiado e a qualidade do café (CARVALHO et al., 1994). Devido à importância do café para o País e para o mundo, é necessário o complemento de métodos objetivos (físico-químicos e, ou,

químicos), juntamente com as classificações tradicionais existentes, proporcionando, assim, avaliação mais segura da qualidade deste produto.

Durante o armazenamento, os grãos de café sofrem mudança de cor, passando o endosperma da cor esverdeada característica para a cor esbranquiçada, com o passar do tempo. Tal fenômeno, chamado de “branqueamento” e que é bastante conhecido pelos profissionais da armazenagem de café, tem sido pouco estudado, principalmente quanto ao aspecto de quantificação objetiva do fenômeno. A avaliação da cor dos grãos, como critério de classificação comercial do café, é feita por observação visual, constituindo-se em um processo subjetivo e não mensurável. Da mesma forma que o teste da xícara, essa avaliação está sujeita à variação de sensibilidade entre os indivíduos (classificadores), à fadiga destes e às condições ambientais.

Tendo em vista as poucas informações sobre o efeito do tempo de armazenamento na deterioração do café preparado por via seca e via úmida e visando estudar métodos simples, objetivos e mensuráveis para avaliação da qualidade do café, este trabalho teve como objetivo avaliar:

- o efeito do tempo de armazenamento na qualidade do café em coco, descascado e beneficiado; e
- a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), o índice colorimétrico medido com espectrofotômetro e a cor dos grãos, medida com colorímetro tristímulo, como métodos objetivos para determinação da qualidade do café, comparando-se tais métodos com o método sensorial clássico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O café pertence à família das Rubiáceas, da qual faz parte o gênero *Coffea*, introduzido no Brasil, em 1727, pelo sargento-mor Francisco de Mello Palheta. As espécies cultivadas em grande escala em todo o mundo, representando praticamente 100% de todo o café comercializado, são: ***Coffea arábica*** (café arábica) e ***Coffea canephora*** (café Robusta) (MATIELLO, 1991).

Segundo BÁRTHOLO e GUIMARÃES (1989), o café brasileiro é um dos poucos produtos agrícolas que tem seu preço vinculado a parâmetros qualitativos, o qual varia com o preparo do café. As perdas de preço variam de 10 a 20% quanto ao aspecto do produto, até 40% em razão da bebida e até 60% em virtude do café de mau aspecto e bebida ruim.

Com o objetivo de avaliar a qualidade do café no Brasil por meio da obtenção de um produto caracterizado quanto a tipo, bebida, peneira e cor, foi aprovada pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, em maio de 1978, a Resolução nº 12.178, que fixa padrões de qualidade e identidade para alimentos e bebidas, incluindo o café (CARVALHO e CHALFOUN, 1985).

2.1. Colheita

A colheita do café inicia-se em abril/maio na Zona da Mata de Minas Gerais e outras regiões de temperaturas mais elevadas, podendo ser prolongada nas demais regiões.

Para obter uma colheita bem-sucedida, devem-se observar fatores como: a quantidade de café na planta, a quantidade de café no chão, o tempo de duração da safra e o estágio de maturação dos frutos, sendo a quantidade ideal máxima de frutos verdes na planta de 5%.

Esta operação pode ser efetuada de duas maneiras distintas: colheita a dedo, em que os frutos são colhidos um a um, no estágio de cereja; é utilizada em locais onde o florescimento ocorre durante o ano todo, ocorrendo desuniformidade na maturação, como é o caso da Colômbia. A outra colheita é a derrça do café, em que todos os frutos são derrçados da árvore ao mesmo tempo, manualmente ou com o auxílio de ferramentas ou máquinas. A derrça pode ser feita em pano ou no chão (BÁRTHOLO e GUIMARÃES, 1989).

Segundo VILELA (1997), para a derrça no chão é muito importante a rapidez da operação, porque a deterioração ocorre em razão da temperatura, da umidade relativa do ar e do tempo. A alta concentração de açúcares, juntamente com o teor de umidade elevado da polpa e mucilagem (70 a 90% b.u.), é condição apropriada para o desenvolvimento microbiológico e, conseqüentemente, fermentações indesejáveis, com formação de sabores estranhos, alterando, posteriormente, a bebida.

KRUG (1940) observou que, quanto maior o tempo de exposição dos grãos de café no chão, a incidência de fungos será maior e pior será a qualidade da bebida.

2.2. Preparo do café

Apesar de sua importância para grande número de países em desenvolvimento, o café caracteriza-se por problemas específicos,

principalmente relacionados com as perdas de qualidade durante o período de pós-colheita

Há carência de trabalhos científicos relacionando sistema de preparo e qualidade final do produto, sendo esta a maior exigência dos mercados interno e internacional. O café colhido constitui-se de uma mistura de frutos verdes e maduros (conhecidos por “cereja”), de frutos secos, folhas, ramos, terra, paus e pedras; deve ser devidamente lavado, despulpado e depois secado, armazenado e beneficiado. Ao conjunto dessas operações dá-se o nome de *preparo do café* (GUIMARÃES, 1995).

O preparo do café pode ser feito por via seca, que produz *café coco* ou *de terreiro*, e via úmida, que produz *café despulpado* ou *descascado* (Figura 1).

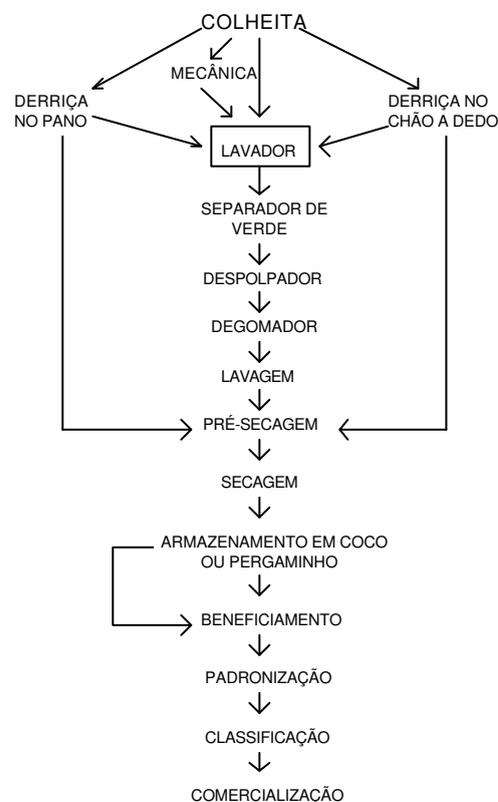


Figura 1 – Esquema de processamento do café.

2.2.1. Preparo por “via seca”

Depois da etapa de colheita, o café deve passar por uma limpeza, em geral feita por meio de lavadores com dispositivos que separam de um lado o “cereja” e verdes, que são mais densos, e de outro o “bóia”, que é menos denso.

Esta maneira de preparo compreende, portanto, as operações de lavagem (opcional), secagem, armazenamento e beneficiamento (INSTITUTO... – IBC, 1977).

Segundo BÁRTHOLO e GUIMARÃES (1989), a lavagem deixa o produto mais uniforme, acelerando, posteriormente, o processo de secagem principalmente do café “cereja”, por possuir um “mel” ao redor do fruto, dificultando a perda de umidade, o qual é retirado na lavagem. Esses mesmos autores recomendaram, com base em resultados de estudos obtidos pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), a adição de hipoclorito de sódio na concentração de 2% (água sanitária) à água do lavador. Esse produto impede a contaminação dos frutos sadios (“cereja”) por microrganismos contaminantes que vêm do campo juntamente com os frutos verdes.

2.2.2. Preparo por “via úmida”

Este processo dá origem aos cafés “despolpados” ou “descascados”. Tal operação é realizada para retirar a mucilagem açucarada, que é uma fonte ao ataque de microrganismos, causadores de bebidas de qualidade inferior.

As regiões prioritárias para produção de cafés despolpados são aquelas zonas consideradas impróprias ao pré-processamento via seca, devido a fatores climáticos, como é o caso da Zona da Mata de Minas Gerais. Após a colheita, é feita a lavagem do café, na qual são separados dos frutos “bóias” e os frutos “cereja” e verdes. As impurezas são também separadas e eliminadas nos lavadores.

Depois de lavados, os cafés são levados aos despoldadores, máquinas que têm por finalidade principal separar a casca dos grãos de café envolvidos

por pergaminho e mucilagem. Alguns despulpadores apresentam dispositivos para separação dos frutos verdes.

A operação seguinte ao despulpamento é a degomagem, por meio da qual é retirada a goma açucarada, ou mucilagem do café. Essa operação é realizada em tanques especiais e pode ser feita por processos mecânicos, por fermentação, por processos biológicos e, ou, por meios químicos (IBC, 1977).

Segundo GUIMARÃES (1995), na América Central, no México, na Colômbia e no Quênia, onde são produzidos os cafés “lavados” ou “despulpados”, o produto tem alcançado boas cotações no mercado, por ser de bebida suave.

2.3. Composição química do grão de café verde

DRAETTA e LIMA (1976) demonstraram haver relação entre os componentes químicos do grão beneficiado e a qualidade do café.

Segundo CLIFFORD (1975), a composição química do café verde varia de acordo com o tipo de planta, a região, a altitude, o solo e as condições de manejo pré e pós-colheita. A presença de constituintes químicos voláteis e não-voláteis, proteínas, aminoácidos, ácidos graxos, cetonas, aldeídos, carboidratos, compostos fenólicos, cafeína e trigonelina é responsável pelo sabor característico do café. A ação de enzimas sobre alguns desses constituintes gera, como produtos de reações, compostos que interferem no sabor e odor (CARVALHO et al., 1997).

No Quadro 1, mostra-se a composição química do grão cru, segundo SIVETZ (1963).

2.4. Fatores bioquímicos que afetam a qualidade do café

AMORIM et al. (1977), estudando as transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café, relataram estar essa deterioração ligada à qualidade da bebida e à quantidade de lipídios, enquanto GUYOT et al. (1982) relacionaram a qualidade com o teor de aldeídos.

Quadro 1 - Composição química do grão cru e composição aproximada em base seca

Classes e Componentes	Solubilidade em Água	% no Café Verde
Carboidratos		
Açúcares redutores	Solúvel	1,0
Sacarose	Solúvel	7,0
Pectinas	Solúvel	2,0
Amido	Facilmente solubilizado	10,0
Pentosanas	Facilmente solubilizado	5,0
Hemicelulose	Hidrolisáveis	15,0
Holocelulose	Fibra não-hidrolisável	18,0
Lignina	Fibra não-hidrolisável	2,0
Óleos	Insolúveis	13,0
Proteínas (Nx6,25)	Depende do grau de desnaturação	13,0
Cinza como óxido	Depende da percentagem hidrolisada	4
Ácidos voláteis		
Clorogênico	Solúvel	7,0
Oxálico	Solúvel	0,2
Málico	Solúvel	0,3
Cítrico	Solúvel	0,3
Tartárico	Solúvel	0,4
Trigonelina	Solúvel	1,0
Cafeína	Solúvel	1,0
Arábica 1%		
Robusta 2%		

Fonte: SIVETZ e FOOTE (1963).

RIGITANO et al. (1964), estudando o armazenamento de café beneficiado a granel, relataram que houve aumento da acidez do óleo e do teor de ácidos graxos livres como resultado do processo de hidrólise e oxidação de lipídios durante a deterioração do café.

Outros trabalhos avaliaram ácidos clorogênicos, fenóis hidrolisáveis e fenóis totais (CENTRI-GROSSI et al., 1969), teor de carboidratos (MUTISO, 1971), proteínas solúveis (AMORIM, 1972), ácido ascórbico, cafeína e trigonelina (GOPAL, 1974) e sólidos solúveis (GARRUTI e TEIXEIRA, 1962).

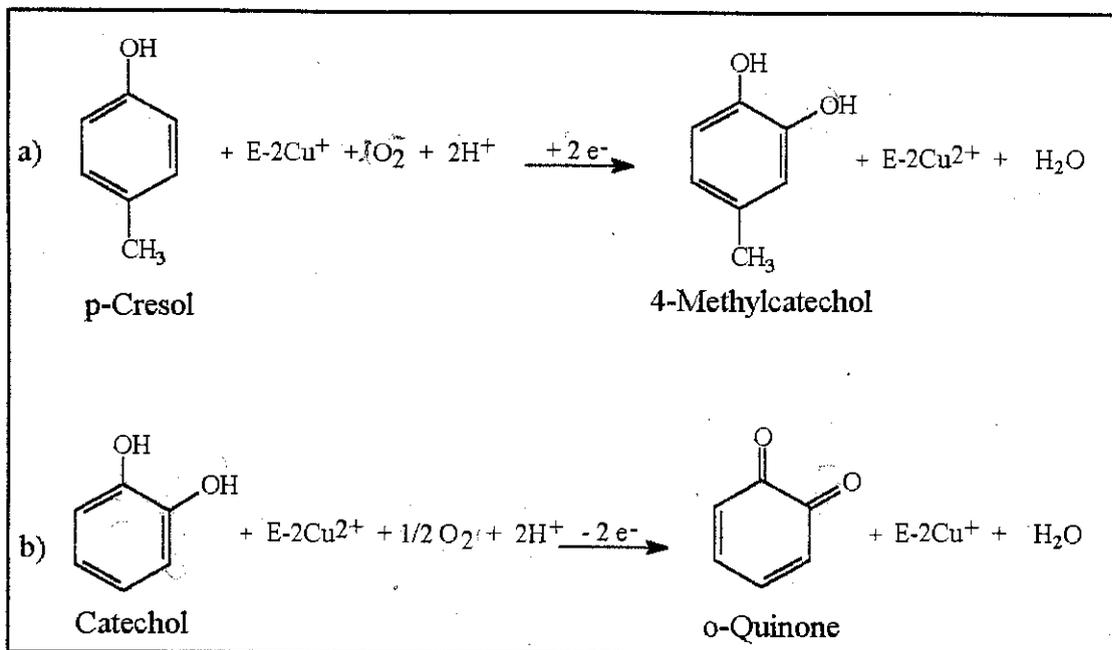
A análise dos resultados de todos esses trabalhos citados indicou que os cafés de bebidas inferiores possuem menos proteínas solúveis, mais aminoácidos livres, mais ácido clorogênico, menos fenóis hidrolisáveis, menos ácido ascórbico, baixo teor de carboidratos e maior teor de ácidos graxos livres com a diminuição do conteúdo de lipídios. Esses parâmetros evidenciaram que ocorrem reações oxidativas de extrema importância durante o processo de deterioração dos grãos de café.

Amorim e Teixeira, citados por VILELA (1997), depois de avaliarem diversos compostos orgânicos, como carboidratos, ácidos clorogênicos, fenóis hidrolisáveis, proteínas e outros, concluíram que a qualidade da bebida está relacionada com alguns desses compostos analisados, o que indica a importância da análise química em estudos desses compostos na avaliação da qualidade do café. Alguns compostos químicos exercem ação protetora e antioxidante sobre os aldeídos. Devido a colheita inadequada e problemas no processamento e armazenamento, as polifenoloxidasas agem sobre os polifenóis, diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos e facilitando a oxidação destes. Tal processo interfere no sabor e aroma do café depois da torração.

2.5. Atividade de polifenoloxidase

Segundo WHITAKER (1994), as polifenoloxidasas, também conhecidas como tirosinases, cresolases, difenolases e fenolases, são enzimas intracelulares que ocorrem em plantas, animais e fungos; contêm cobre no centro ativo e

catalisam duas reações, ambas envolvendo oxigênio. A primeira reação corresponde à hidroxilação de monofenóis formando orto-difenóis (Figura 2-a), enquanto a segunda corresponde à oxidação de orto-difenóis formando orto-quinonas (Figura 2-b). A primeira reação não ocorre em polifenoloxidasas de banana, folha de chá, folha de tabaco e pêra, pois estas espécies catalisam a oxidação de o-difenóis para o-quinonas. A segunda reação é catalisada por todas as polifenoloxidasas.



Fonte: WHITAKER, 1994

Figura 2 – Atividades de monofenolase e difenolase.

O ácido ascórbico é também usado para prevenir o escurecimento enzimático dos alimentos; ele reduz as o-quinonas para o-difenóis. A desvantagem desse método é que, quando o ácido ascórbico se encontra totalmente oxidado, ele não mais previne esse escurecimento (GOLAN e WHITAKER, 1984).

Compostos fenólicos, quando associados a lipídios, CH_2O , proteínas, enzimas e minerais, podem resultar em escurecimento, descoloramento e mudança de sabor do alimento. A função biológica desses compostos ainda é objeto de estudo. Acredita-se que atuam na proteção das sementes contra o ataque de insetos e patógenos.

Segundo AMORIM (1978), essa enzima, quando “in vivo”, é encontrada ligada às membranas celulares, sendo ativada somente quando liberada destas. Quando a membrana celular sofre alguma danificação, a enzima é liberada e ativada conjuntamente com essa membrana. Em seguida, a enzima oxida os ácidos clorogênicos, transformando-os em quinonas. A polifenoloxidase é inibida pelas quinonas formadas, diminuindo a sua atividade. Ataque de insetos, infecções microbianas, alterações fisiológicas e danos mecânicos ocorridos pré e pós-colheita provocam o rompimento da membrana celular, propiciando maior contato entre as enzimas e os compostos químicos que atuam dentro e fora das células do grão. As reações químicas resultantes modificam a composição original do café verde. O aumento da quantidade de fenóis oxidados, enzimaticamente ou não, provoca a inativação dessa enzima.

Estudos científicos têm mostrado correlação positiva entre a atividade da polifenoloxidase e a qualidade da bebida do café. Esses resultados indicam a existência de relação entre os níveis dessa enzima e as diferentes cores apresentadas pelos grãos e entre a bebida e a cor dos grãos de café. Tais estudos eliminam o elemento humano como fator decisivo na avaliação do produto e em sua classificação (LOPES, 1988).

AMORIM (1968) observou maior atividade da polifenoloxidase nos cafés de melhor bebida. Os cafés de pior bebida tiveram em seu processamento condições favoráveis para que os polifenóis entrassem em contato com a polifenoloxidase, transformando-os em quinonas, alterando a coloração do grão e reduzindo a atividade da polifenoloxidase.

Estudos realizados por CARVALHO et al. (1994), em que foram feitas avaliações físico-químicas e químicas de grãos beneficiados de café que já haviam sido classificados, quanto à qualidade, em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio, permitiram, através de faixas de variação

das atividades da polifenoloxidase (Quadro 2), a separação dos cafés em quatro classes: bebida mole e apenas mole; dura; riada; e rio.

Quadro 2 – Atividade da polifeniloxidase e da peroxidase em cafés previamente classificados pela prova de xícara (U/min/g de amostra)

Classificação pela Prova de Xícara	Atividade de Polifeniloxidase		Atividade de Peroxidase	
	Média	Faixa de Variação	Média	Faixa de Variação
Estritamente mole	68,94 a	67,66 - 74,66	58,84 a	47,99 - 74,66
Mole	65,96 b	64,16 - 67,66	53,18 b	42,66 - 61,33
Apenas mole	63,77 c	62,99 - 66,94	47,73 c	39,95 - 58,67
Dura	60,98 d	55,99 - 62,99	44,64 d	34,66 - 55,99
Riada	44,00 e	37,33 - 53,66	42,71 d	31,99 - 58,67
Rio	41,36 f	36,16 - 47,83	39,53 e	26,66 - 53,33
CV (%)	4,14		12,05	

Fonte: CARVALHO et al. (1994).

Esses mesmos autores, com esses resultados, fizeram uma tabela de classificação da bebida do café de acordo com a atividade da polifenoloxidase, utilizando-se o DOPA (Di-hidroxi fenil alamina) como substrato, que complementa a utilizada para a prova de xícara: atividade da PPO superior a 67,66 U/min/g de amostra - café extrafino (bebida estritamente mole); a atividade da PPO de 62,99 a 67,66 U/min/g de amostra - fino (bebida mole e apenas mole); atividade da PPO de 55,99 a 62,99 U/min/g de amostra - aceitável (bebida dura); e a atividade da PPO inferior a 55,99 U/min/g de amostra - não aceitável (bebida riada e rio).

2.6. Índice colorimétrico dos grãos de café

A cor é um fator importante para valorizar a qualidade de um alimento. Rotineiramente, esse componente passa a ser indicativo de estágio de maturação, presença de impurezas, realização apropriada ou defeituosa de um

tratamento tecnológico, condições de armazenamento inadequadas e começo de alteração causada por microrganismos, dentre outros. Por isso, vários métodos oficiais são baseados na cor para avaliação da qualidade dos alimentos (GULLET, 1992).

OLIVEIRA (1996) relatou que vários estudiosos têm como objetivo primordial em suas pesquisas evitar mudanças de cor ocasionadas por reações químicas que ocorrem durante o armazenamento.

A cor é um parâmetro importante na classificação do café, por permitir a determinação e, também, revelar os cuidados no seu preparo (GRANER e GODOY, 1967).

Segundo SILVA (1997), muitos são os termos utilizados para descrever a cor dos grãos de café beneficiados, tornando-se muito difícil a um classificador memorizar e descrever a cor desses grãos com todas as suas nuances e variações.

Uma enorme quantidade de termos são utilizados para descrever a cor dos grãos crus de café. Muitos desses termos são confusos e demasiadamente subjetivos, como as denominações “verde carregado”, “desbotado”, “esverdeado para azul”, “esverdeado para azulado” e outros (ROCHAC, 1969).

Segundo NORTHMORE (1968), é “tão bem conhecido entre os comerciantes de café que grãos de cor azulada dão bebida de melhor qualidade e que já foram encontrados casos de grãos adulterados na cor, tingidos de azul, para melhorar sua aparência”.

O Jornal COFEE BUSINESS relatou, na sua reportagem de 3 de novembro de 1997, uma fraude ocorrida no café de exportação brasileiro. Cafés de 15 a 20 anos de idade adquiridos por R\$40,00 a R\$50,00 a saca nos leilões do estoque do governo foram exportados como se fossem de safra recente. Os especialistas descobriram essa fraude grosseira, que consistiu, essencialmente, em pintar o produto de safras antigas com anilina para dar aparência de novo. Aqueles grãos de café, quando mergulhados em água, mudavam de verde-escuro para amarelo-esbranquiçado, e a água mudava para esverdeada (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ, 1997).

Segundo OLIVEIRA (1996), a colorimetria, ou medida da cor, tem como objetivo relatar, em termos numéricos, a cor de um objeto. Para isso dispõe de quantidade bastante variada de métodos para medição, desde simples comparações até os sofisticados instrumentos projetados especificamente para determinado produto.

Para realizar uma classificação segura pela cor, é necessária a utilização de instrumentos capazes de expressar valores numéricos de cor em uma linguagem de fácil compreensão e que permita a percepção da cor sem a presença da amostra.

Atualmente, os instrumentos utilizados na avaliação do índice de cor compreendem dois grupos: espectrofotômetros e os colorímetros tristímulo (LOPES, 1988).

CARVALHO et al. (1994), em um trabalho no qual foram feitas avaliações físico-químicas e químicas de grãos beneficiados de café que já haviam sido classificados, quanto à qualidade, em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio, conseguiram realizar a separação através do índice colorimétrico de cafés de bebida mole e dura dos de bebidas riada e rio (Quadro 3).

Quadro 3 – Valores de índices de coloração e acidez titulável de cafés previamente classificados pela prova de xícara

Classificação pela Prova de Xícara	Índice de Coloração Absorvância (420 nm)		Acidez Titulável ml de NaOH/100 g	
	Média	Faixa de Variação	Média	Faixa de Variação
Estritamente mole	0,884 a	0,840 - 0,920	211,2 e	175,00 - 237,40
Mole	0,791 b	0,730 - 1,000	235,8 d	175,00 - 275,00
Apenas mole	0,764 c	0,670 - 0,850	218,3 e	187,40 - 262,40
Dura	0,746 d	0,650 - 0,870	250,4 c	200,00 - 300,00
Riada	0,569 e	0,520 - 0,620	272,2 b	237,40 - 312,40
Rio	0,533 f	0,450 - 0,610	284,5 a	255,00 - 350,00

CV (%)	5,50	8,7
--------	------	-----

Fonte: CARVALHO et al. (1994).

2.7. Influência das condições físicas durante o armazenamento na qualidade do café

Segundo Rabechault (BACCHI, 1962), a coloração dos grãos de café depende, em grande parte, do método empregado no seu processamento, sendo muito influenciada pela fermentação, pelo pH da água de lavagem e pelo processo de secagem.

Durante o armazenamento convencional (estocagem em sacos de aniagem), os grãos perdem a cor com o tempo, que passa de esverdeada para esbranquiçada (branqueamento), o que pode indicar bebida de qualidade inferior (SILVA, 1995).

A casca, o pergaminho e as películas no café em coco funcionam como proteção contra as variações ambientais, tornando-o menos sujeito à deterioração, quando comparado ao café em pergaminho (despolpado ou descascado) ou em grão. Este café, quando armazenado em boas condições, com umidade inicial de 11 a 12% (b.u.) em ambientes frescos ($\pm 20^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar em torno de 65%, mantém sua cor normal e conserva-se bem durante vários anos. No pré-processamento do café despolpado e descascado, como os grãos estão mais sujeitos a danos mecânicos, podendo perder rapidamente a cor e branquear, é indicado o armazenamento máximo por um ano, para café em pergaminho, e por até seis meses, para o café beneficiado (MATIELLO, 1991). O valor comercial do produto foi intensamente afetado pelo branqueamento, que teve seu início em diferentes partes do grão, de onde se alastrou por toda a sua superfície. Conforme as condições do produto e do ambiente, o grão chega a ficar totalmente branco-opaco em apenas três ou quatro dias (BACCHI, 1962).

Segundo GRANER e GODOY (1967), os grãos de café recém-colhidos depois de beneficiados apresentam coloração verde. Se o produto estiver armazenado com todas as condições necessárias, cerca de um ano depois passa da cor verde para a esverdeada; mais um ano nas mesmas condições de armazenamento, passa à esverdeado-clara; e, com o passar do tempo, torna-se de cor clara, ainda com resquícios da tonalidade verde. Posteriormente, o café fica envelhecido e começa a se tornar amarelado; depois de algum tempo, vai-se tornando amarelo e, no estado final da sua conservação, começa a mofar e a deteriorar-se, passando para a coloração esbranquiçada e, finalmente, à branca por completo.

Aconselha-se o teor de umidade máximo de 11% (b.u.) para o armazenamento como limite de segurança (WILBAUX e HAHN, 1966).

Segundo MENCHÚ (1967), o branqueamento dos grãos de café tem início quando o produto atinge o teor de umidade de 12% (b.u.).

STIRLING (1975) relatou que temperaturas na faixa de 10-17°C são capazes de preservar as características de aparência do café verde e do café torrado, assim como a qualidade da bebida por mais de um ano de armazenamento.

OLIVEIRA (1996) comentou que a temperatura tem relação direta com a perda de qualidade em cafés armazenados e que o branqueamento está relacionado diretamente com a umidade relativa do local de armazenamento.

Segundo SUBRAHMANYAN et al. (1961), além da umidade relativa do ar, a temperatura durante o armazenamento influencia na mudança de cor do produto ao longo do tempo de armazenamento. Baixas temperaturas conservam melhor a cor. Grãos com teor de umidade acima do limite, denominado teor de umidade crítico, mudam sua cor com mais facilidade quando armazenados a temperaturas elevadas. Não se sabe ao certo a umidade crítica na qual a mudança de cor é máxima, mas é sabido que varia de 7 a 22% quando a umidade relativa do ar oscila de 50 a 95%, na temperatura de 24°C.

HARA (1972), depois de estudar o efeito da temperatura, da luz e da umidade relativa do ar sobre o branqueamento de café beneficiado durante o

armazenamento, concluiu que os grãos expostos à luz e estocados à temperatura de 5°C, em umidade relativa de 61%, foram os que apresentaram aparência melhor.

LOPES (1988) estudou a variação da cor nos grãos de café beneficiado devido à incidência de luz branca e à suas faixas espectrais (azul-violeta, verde, amarela e vermelha), concluindo que os grãos armazenados na presença de luz branca e de luz transmitida pelo filtro azul foram os mais afetados na cor e na qualidade de bebida. Os grãos armazenados no escuro tiveram tendência a clarear. Dados de reflectância indicaram ser os comprimentos de onda na faixa de violeta-azul os principais responsáveis pela depreciação da qualidade do café beneficiado, isso em razão da incidência de luz durante o armazenamento.

2.8. Avaliação objetiva da cor

CLYDESDALE (1969) relatou, em seus estudos com pasta de amendoim, que a cor é fator decisivo na venda de produtos alimentícios. O consumidor freqüentemente baseia-se em uma associação formada pelas características geralmente apetitosas com a cor. Ele concluiu que um método objetivo para determinação de cor permitiria aos produtores um meio confiável de dosar a cor da pasta e, indiretamente, a qualidade do produto.

Segundo NICKERSON (1957), as notações de MUNSELL (1957), obtidas pela técnica de disco colorimétrico, forneceram combinações mais próximas de cor, concluindo, porém, que a combinação final é feita pelo olho. Todos esses métodos, envolvendo comparações visuais, são métodos subjetivos, cujos resultados por eles obtidos são influenciados pelo julgamento e pelas limitações do observador.

Os métodos subjetivos de avaliação de cor, em que é feita a comparação visual, têm como vantagens a rapidez e a facilidade na execução das medidas. Porém, apresentam como desvantagens a necessidade de local com condições padronizadas (GOULD, 1977), e os resultados obtidos são influenciados pelo julgamento e pelas limitações do observador (MORRIS et al., 1953).

CLYDESDALE (1969) relatou que são necessários os métodos objetivos nas avaliações dos resultados, porque eles não relacionam a habilidade do observador de lembrar ou combinar cores, permitindo, assim, melhor controle de qualidade e proporcionando maior uniformidade de produtos.

SILVA (1995), utilizando espectrofotometria, analisou a atividade enzimática da polifenoloxidase e do índice de cor nos tipos de café da classificação oficial pela bebida, a partir de amostras previamente classificadas sensorialmente.

Para o procedimento da avaliação objetiva da cor, podem ser utilizados os espectrofotômetros e os colorímetros tristímulos (OLIVEIRA, 1996).

2.8.1. Avaliação da cor em colorímetro tristímulo - Sistema CIE

Quando uma cor é especificada em termos de valores tristímulos, significa que ela está sendo localizada no espaço tridimensional. O CIE (Comissão Internacional de "l'Eclairage"), que é um grupo prestigiado com respeito à colorimetria, definiu as características de combinação de cor do observador-padrão nesse sistema em 1931 (CLYDESDALE, 1969).

Os valores tristímulos medem a cor por meio de três dimensões: x, y e z. Estes valores representam, respectivamente, as quantidades das três cores primárias imaginárias, vermelho, verde e azul, necessárias a um observador-padrão para comparar dada cor sob condições definidas de iluminação e observação (POMERANZ e MELOAN, 1978).

2.8.2. Avaliação da cor pelo sistema de Hunter

Segundo OLIVEIRA (1996), o sistema de coordenadas de Hunter consistiu de três parâmetros: L, a e b, sendo o parâmetro "L" relativo ao branco e negro, "a" ao vermelho e verde e "b" ao amarelo e azul.

O uso de leituras colorimétricas diretamente das coordenadas L, a e b de Hunter se tornou firmemente aceitável entre os tecnólogos de alimentos; logo, uma discussão das propriedades do espaço é válida. O espaço de Hunter

representa uma tentativa de transformar o sistema CIE em espaço de cor perceptualmente uniforme, incorporando o espaçamento de Munsell. O objetivo dessa tentativa é melhorar a medição direta de atributos de aparência, com a luminosidade “L” medida com a primeira aproximação da escala de valores de Munsell $y^{1/2}$, sendo as coordenadas de cromaticidade a e b derivadas por meio de funções ponderadas das diferenças em x e y e y e z, respectivamente, ajustadas pelo fator $y^{1/2}$ (LITTLE, 1976).

FERREIRA (1981) relatou que os colorímetros tristímulos são usados principalmente na indústria, para trabalhos de rotina.

2.8.3. Avaliação da cor em espectrofotômetro

O espectrofotômetro pode gerar um sinal que corresponde à diferença entre a radiação transmitida por um material tomado como referência e a radiação transmitida pela amostra analisada, em certo comprimento de onda. Na análise espectrofotométrica, a fonte de radiação emite ondas até a região ultravioleta do espectro. A partir dessa radiação são selecionados comprimentos de onda definidos, que constituem bandas, com largura inferior a 1 nm. Essas análises são feitas com instrumentos denominados espectrofotômetros, os quais dispõem de um sistema ótico que pode provocar a dispersão da radiação eletromagnética incidente. Com esses instrumentos podem-se fazer medidas da radiação transmitida em dado comprimento de onda da faixa espectral (VOGEL, 1992).

Beer, citado por VOGEL (1992), estudou o efeito da concentração do constituinte corado numa solução sobre a transmissão ou absorção de luz. Ele concluiu que a intensidade de um feixe de luz monocromática diminui com a concentração da substância absorvedora.

CARVALHO e CHALFOUN (1985) concluíram que os grãos de café de boa qualidade apresentam maior índice de coloração no comprimento de onda de 525 nm, em comparação com os de café de pior qualidade.

Os espectrofotômetros produzidos atualmente são acessíveis devido à economia de escala, como consequência do aumento da demanda desses instrumentos pelas instituições de pesquisa e pelas indústrias do setor privado (SILVA, 1997).

2.9. Classificação do café

De acordo com BÁRTHOLO e GUIMARÃES(1997), não só o amplo conhecimento das técnicas para produção de cafés finos e de alta qualidade é suficiente, sendo também essencial, em cafeicultura moderna, conhecer os critérios que caracterizam o café quanto à qualidade. Para isso, existem normas e padrões.

SILVA (1995) relatou que as características dos grãos em relação a tipo, cor, aspecto, peneira (tamanho) e bebida definem a qualidade do café, cuja classificação é feita como descrito nos tópicos subseqüentes.

2.9.1. Classificação quanto ao tipo

Consiste em determinar o número de grãos imperfeitos ou a quantidade de impurezas contidas numa amostra de 300 gramas. Esta classificação apresenta sete tipos numerados de 2 a 8.

2.9.2. Classificação quanto à cor

Esta classificação indica o grau de envelhecimento do café e emprega as denominações verde, esverdeado, claro, amarelo e vermelho. Para variação da cor contribuem o teor de umidade, o tempo de exposição aos raios solares, o método de preparo e as condições de armazenamento (SILVA, 1997).

Segundo ROCHAC (1969), esta classificação é extremamente subjetiva.

2.9.3. Classificação quanto ao tipo de peneira

Baseando nas dimensões e na forma dos grãos, o café classifica-se em chato-grosso, médio, miúdo, moca-graúdo, médio e miúdo, quebrado e minimal.

Segundo SILVA (1997), a classificação oficial de café por peneira discrimina os grãos beneficiados pelas suas dimensões em:

- a) grão chato-grosso: peneiras 17 e maiores (café grande);
- b) grão chato-médio; peneiras 15 e 16 (café médio);
- c) grão-chatinho: peneiras 12, 13 e 14 (café miúdo ou chatinho);
- d) grão-moca grosso: peneiras 11 a 13 (moca-grande);
- e) grão moca-médio: peneira 10 (moca-médio); e
- f) grão-moquinha: peneiras 8 e 9 (moca miúdo ou moquinha).

2.9.4. Classificação quanto ao aspecto

Permite prever a boa ou má torração de acordo com o aspecto. O café é classificado em bom, regular e mau.

2.9.5. Classificação quanto ao gosto da bebida

Esta classificação baseia-se no sabor detectado na denominada “prova de xícara”, feita por degustadores treinados. Aqui o café classifica-se em:

- estritamente mole: gosto doce e muito suave;
- mole: doce suave;
- apenas mole: gosto suave;
- duro: gosto áspero;
- riada: gosto leve de rio;
- rio: gosto áspero lembrando iodofórmio; e
- rio zona.

Segundo SILVA (1997), atualmente a classificação pelas características organolépticas engloba um conjunto de apreciações subjetivas de aroma e sabor, cujos responsáveis são provadores credenciados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado nos laboratórios dos Departamentos de Engenharia Agrícola, Bioquímica e Biologia Molecular, Engenharia Florestal e Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, no período de 30 de março de 1997 a 30 de janeiro de 1998.

3.1. Condicionamento dos grãos de café

Durante o período de 10 meses foram armazenados três lotes de 20 sacas de café (*Coffea arabica* L.) cada um, da variedade Catuaí, provenientes do Município de Viçosa, MG. O primeiro lote era formado de café em coco; o segundo, de café beneficiado, ambos pré-processados “via seca”; e um terceiro lote de café descascado, pré-processado por “via úmida”.

O lote de café beneficiado foi dividido para coleta de amostras, por ser pertencente a dois produtores diferentes, sendo 10 sacas de cada um. Porém, o café pertencente ao produtor 1 foi colhido pelo processo de derrça no chão (“café de varrição”), e o pertencente ao produtor 2 foi colhido pelo processo de derrça no pano. Os lotes de cafés em coco e descascado também foram colhidos por derrça no pano.

Os três lotes foram, então, armazenados em sacos de aniagem com as seguintes capacidades: 60 kg para o café beneficiado, 40 kg para o café descascado e 30 kg para o café em coco. Este material foi colocado sobre

estrados, em armazém dotado de todas as condições necessárias ao armazenamento seguro do café. Cada lote teve lastros de cinco sacas e altura de pilha com quatro sacas (Figura 3).

A umidade relativa e a temperatura do ar ambiente foram registradas por meio de um termoigrógrafo colocado no local.



Figura 3 – Armazenamento do café durante o período de 10 meses.

3.2. Amostragem experimental

O experimento teve início em março de 1997 e término em janeiro de 1998.

No decorrer de 10 meses, foram feitas as coletas de amostras de dois em dois meses e, em seguida, feitos a classificação do produto e os testes de qualidade de bebida por métodos subjetivos e métodos objetivos.

Um calador foi utilizado para se proceder à amostragem experimental. Todos os sacos de cada lote foram perfurados nas quatro faces de exposição no armazém. Depois de feita a coleta de todos os sacos, as amostras eram misturadas de forma que ficassem homogêneas e representativas para cada lote.

Em cada bateria de testes foi extraída uma amostra geral de 2 kg de café em coco, 1,5 kg de café descascado, 1 kg de café beneficiado do produtor 1 e 1 kg de café beneficiado do produtor 2.

3.3. Avaliação subjetiva

Parte da amostragem geral (1 kg de café em coco, 1 kg de café descascado, 0,5 kg de café beneficiado do produtor 1 e 0,5 kg de café beneficiado do produtor 2) foi enviada para a Cooperativa dos Produtores de Café de Guaxupé, da cidade de Guaxupé, MG, onde foram realizados os testes de classificação quanto ao tipo, à cor, ao tipo de peneira, ao aspecto do produto, à torração e ao gosto da bebida.

3.3.1. Análise sensorial da qualidade da bebida

As amostras estudadas de cada um dos lotes foram submetidas à “prova de xícara”, feita por profissionais treinados, seguindo-se o procedimento descrito nos parágrafos subseqüentes.

O café beneficiado, depois de ter sido torrado (torração clara) em torrador rotativo do tipo ROD-BEL e moído em moinho especial, apresentando granulação apropriada (mais grossa), foi colocado em xícaras pirex ou de louça.

A infusão foi preparada na proporção de 9 g de pó para 90 ml de água, a qual foi colocada sobre o pó, quando em ponto de primeira fervura. A infusão foi mexida com uma concha, e nessa oportunidade o classificador-provador cheirou a infusão, a fim de obter um julgamento preliminar, baseado nos vapores despreendidos, que propiciam indicações sobre a qualidade da bebida. A degustação final foi feita depois que o pó se depositou no fundo da xícara e a infusão ficou morna. Para facilitar esse resfriamento, as mesas de prova são giratórias e cada degustador habitua-se a uma temperatura específica para sua prova.

Com o auxílio de uma concha, sorvem-se, cuidadosamente, algumas porções da infusão, com a finalidade de julgar o gosto da bebida. Nessa operação, o degustador conserva o gole de café na boca apenas o tempo

suficiente para sentir o seu sabor, expelindo-o, a seguir, em uma cuspeadeira. A classificação do café por bebida é um trabalho que exige bastante conhecimento, grande prática e, principalmente, paladar apurado, para que possam ser distinguidas as variações da bebida (Figura 4).

As amostras citadas seguiram a classificação oficial, assim apresentada: estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada, rio e rio zona.



Figura 4 – “Prova de xícara”.

3.4. Avaliação objetiva

Utilizaram-se um espectrofotômetro para realização dos testes químicos e um colorímetro tristímulo para os testes físicos. Foram estudadas quatro amostras, seguindo-se a identificação Amostra 1: café em coco (lote 1), Amostra 2: café descascado (lote 2), Amostra 3: café beneficiado do produtor 1 (lote 3) e Amostra 4: café beneficiado do produtor 2 (lote 3).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste subjetivo

4.1.1. Análise sensorial

Quatro amostras referentes a cada tipo de café do experimento (coco, descascado, beneficiado do produtor 1 e beneficiado do produtor 2) foram analisadas, sensorialmente, na Cooperativa dos Produtores de Café de Guaxupé, em Guaxupé, MG, de dois em dois meses, durante 10 meses de armazenamento.

Quanto à cor, os resultados obtidos pela análise sensorial durante os 10 meses de armazenamento indicaram que os quatro tipos de café variaram sua coloração. Porém, os cafés em coco e descascado variaram de verde-escuro para esverdeado-claro e os cafés beneficiado do produtor 1 e beneficiado do produtor 2, de verde-escuro para branco (Quadro 4).

Esses resultados estão de acordo com os de SILVA (1995), que afirmou que durante o armazenamento convencional (estocagem em sacos de aniagem) os grãos perdem a cor com o tempo, fenômeno conhecido como “branqueamento”. De acordo com BACCHI (1962), o branqueamento tem seu início em diferentes partes do grão, onde se alastra por toda a sua superfície.

Quadro 4 – Resultados obtidos pela análise sensorial dos quatro tipos de café do experimento durante 10 meses de armazenamento

Café Coco						
Tempo (dia)	0	60	120	180	240	300
Bebida	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura
Cor	Verde-escuro	Verde-irregular	Amarelado	Verde-claro	Esverdeado	Esverdeado
Café Descascado						
Tempo (dia)	0	60	120	180	240	300
Bebida	Apenas mole	Apenas mole	Apenas mole	Dura	Dura	Dura
Cor	Verde-escuro	Verde-irregular	Amarelado	Esverdeado	Esverdeado	Esverdeado
Café Beneficiado do Produtor 1						
Tempo (dia)	0	60	120	180	240	300
Bebida	Riada	Rio	Rio	Riada	Rio	Rio
Cor	Verde-escuro	Esverdeada	Amarelado	Esverdeado	Manchado	Branco
Café Beneficiado do Produtor 2						
Tempo (dia)	0	60	120	180	240	300
Bebida	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura	Dura
Cor	Verde-escuro	Verde-irregular	Manchado	Manchado	Manchado	Branco

Observou-se que a perda da cor dos grãos foi menor nas amostras de café em coco e descascado, pois a casca e o pergaminho para o café em coco e o pergaminho para o café descascado serviram como proteção contra altas umidades relativas do ar e altas temperaturas registradas no local de armazenamento, o que levou o produto à deterioração, resultado esse de acordo com os de MATIELLO (1991). A casca, o pergaminho e as películas no café em coco funcionam como proteção contra as variações ambientais, tornando-o menos sujeito à deterioração, em comparação com o café em pergaminho (descascado ou despulpado) ou em grão.

Durante oito meses de experimento, a temperatura média mensal esteve acima de 21°C e a umidade relativa do ar média mensal, acima de 72%. O teor de umidade do grão, as médias mensais elevadas de temperatura e umidade relativa do ar durante o condicionamento do café agiram de forma negativa na conservação do produto. Tais fatores foram também observados por WILBAUX e HAHN (1966), MENCHÚ (1967), STIRLING (1975) e SUBRAHMANYAN et al. (1961), que relacionaram o branqueamento à má conservação do produto.

Quanto à bebida, observaram-se nos resultados obtidos na análise sensorial mudança da bebida no café descascado e alternância de bebidas no café beneficiado do produtor 1. Os cafés "coco" e beneficiado do produtor 2 mantiveram a mesma bebida durante os 10 meses de armazenamento do produto.

O café beneficiado do produtor 1 foi o de pior bebida inicial e final, devido à colheita ter sido feita por derrça no chão. Esse resultado está de acordo com os de KRUG (1940) e VILELA (1997), que demonstraram que a derrça no chão propicia condições excelentes para o desenvolvimento microbiológico e, conseqüentemente, fermentações indesejáveis, com formação de sabores estranhos, alterando posteriormente a bebida.

A alternância entre duas bebidas, uma de qualidade superior e outra inferior (riada e rio), observadas no café beneficiado do produtor 1, foi questionada devido à subjetividade do teste de análise sensorial. Esse fato está de acordo com o observado por MENCHÚ (1967) e CARVALHO et al. (1994),

que sugeriram o complemento de métodos objetivos (físico-químicos e, ou, químicos) juntamente com as classificações tradicionais, proporcionando, assim, avaliação mais segura da qualidade daquele café.

4.2. Testes objetivos

Os quatro tipos de café provenientes do experimento, depois da análise sensorial, foram submetidos às análises espectrofotométricas. Estas análises constituíram-se na leitura de absorvância para determinar a atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) e na medida do índice colorimétrico.

Foram feitas análises de regressão da atividade da enzima polifenoloxidase nos quatro tipos de café e também do índice colorimétrico, ambas em razão do tempo de armazenamento.

4.2.1. Atividade enzimática

Durante os 10 meses de armazenamento foi constatada queda nas leituras de absorvância da atividade da PPO, nos quatro tipos de cafés (Quadro 5).

Na Figura 8, observam-se as leituras de absorvância a 320 nm na atividade da enzima polifenoloxidase em razão do tempo de armazenamento.

Quadro 5 – Avaliação da atividade da polifenoloxidase (PPO) em amostras de café cru em pó durante 10 meses de armazenamento

Tempo (dia)	Absorvância a 320 nm			
	Café em Coco	Café Descascado	Café Beneficiado 1	Café Beneficiado 2
0	608	630	414	605
60	594	623	403	593
120	580	612	389	575
180	576	605	378	561
240	565	598	364	546
300	565	594	371	554

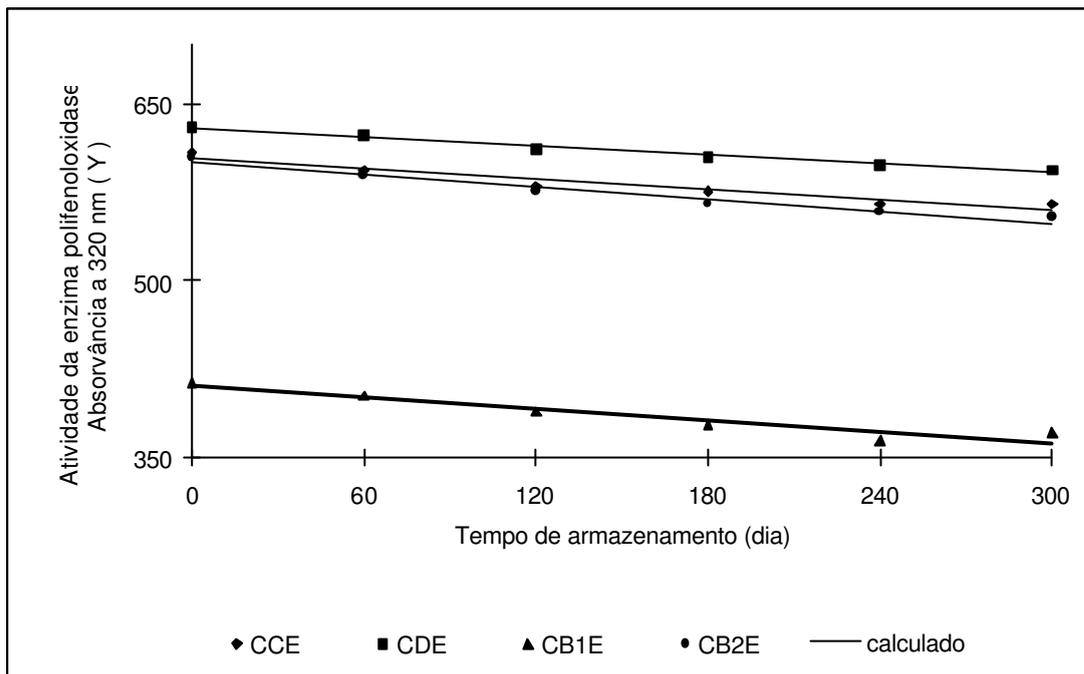


Figura 8 – Estimativas da atividade da enzima polifenoloxidase medida pela absorvância a 320 nm nos cafés em coco (CCE), descascado (CDE), beneficiado do produtor 1 (CB1E) e beneficiado do produtor 2 (CB2E), em razão do tempo de armazenamento (T).

O café descascado, que na análise sensorial apresentou bebida de qualidade superior (apenas mole) entre os cafés existentes, também apresentou a maior atividade da PPO durante todo o período analisado, enquanto o café beneficiado do produtor 1, que na análise sensorial mostrou ser o de pior qualidade de bebida (riada), também apresentou a menor atividade da PPO.

No Quadro 6, mostram-se as equações de regressão ajustadas e os coeficientes de determinação da atividade da enzima polifenoloxidase (\hat{Y}), nos quatro tipos de café, em razão do tempo de armazenamento (T).

Esses resultados indicaram que cafés de bebida de qualidade superior, apresentados na análise sensorial, tiveram maior atividade da enzima polifenoloxidase (PPO). Isso pode ser explicado pelo preparo do café

descascado, do qual foram retiradas a casca e a mucilagem, que são fontes de fermentações prejudiciais à qualidade do café.

Quadro 6 – Equações de regressão ajustadas para atividade da enzima polifenoloxidase (\hat{Y}), nos cafés em coco (CCE), descascado (CDE), beneficiado do produtor 1 (CB1E) e beneficiado do produtor 2 (CB2E), em razão do tempo de armazenamento (T) e dos respectivos coeficientes de determinação

Tipo de Café	Equações de Regressão	Coefficientes de Determinação
CCE	$\hat{Y} = 608,071 - 0,267738^{**} T + 0,00040674 * T^2$	0,99
CDE	$\hat{Y} = 630,893 - 0,670893^{**} T + 0,00015377 * T^2$	0,99
CB1E	$\hat{Y} = 411 - 0,163^{**} T$	0,91
CB2E	$\hat{Y} = 601,619 - 0,195238^{**} T$	0,91

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Esses resultados estão de acordo com os de AMORIM (1968), que observou maior atividade da polifenoloxidase nos cafés de melhor bebida. Os cafés de pior bebida tiveram em seu processamento condições favoráveis para que os polifenóis entrassem em contato com a polifenoloxidase, proporcionando reações químicas que resultaram em decréscimo da atividade desta enzima.

A colheita inadequada (derrixa no chão) foi prejudicial para o café beneficiado do produtor 1, fazendo com que apresentasse bebida de qualidade inferior.

De acordo com VILELA (1997), a deterioração do produto ocorre em razão da temperatura, da umidade relativa do ar e do tempo em que o produto fica exposto na lavoura após a derrixa. A alta concentração de açúcares, juntamente com o teor de umidade elevado da polpa e da mucilagem (70 a 90% b.u.), é condição excelente para o desenvolvimento microbológico e, conseqüentemente, fermentações indesejáveis, com formação de sabores estranhos que alteram, posteriormente, a bebida.

4.2.2. Avaliação do índice colorimétrico

Os resultados de absorvância a 430 nm para avaliação do índice colorimétrico foram diretamente proporcionais à qualidade da bebida analisada sensorialmente e, também, à avaliação da atividade da enzima polifenoloxidase (Quadro 7).

Houve decréscimo do índice colorimétrico avaliado pela absorvância a 430 nm durante o armazenamento (Quadro 7 e Figura 9).

Na Figura 9, representa-se a avaliação do índice colorimétrico (\hat{Y}), nos quatro tipos de café, em razão do tempo de armazenamento (T).

No Quadro 8, mostram-se as equações de regressão ajustadas e os seus coeficientes de determinação do índice colorimétrico (\hat{Y}), nos quatro tipos de café, em razão do tempo de armazenamento (T).

Quadro 7 – Resultados de absorvância a 430 nm para avaliação do índice colorimétrico do café cru em pó durante 10 meses de armazenamento

Tempo (dia)	Absorvância a 430 nm			
	Café em Coco	Café Descascado	Café Beneficiado do Produtor 1	Café Beneficiado do Produtor 2
0	237	264	219	234
60	225	252	208	222
120	213	243	193	207
180	201	234	183	193
240	192	228	172	184
300	189	225	171	174

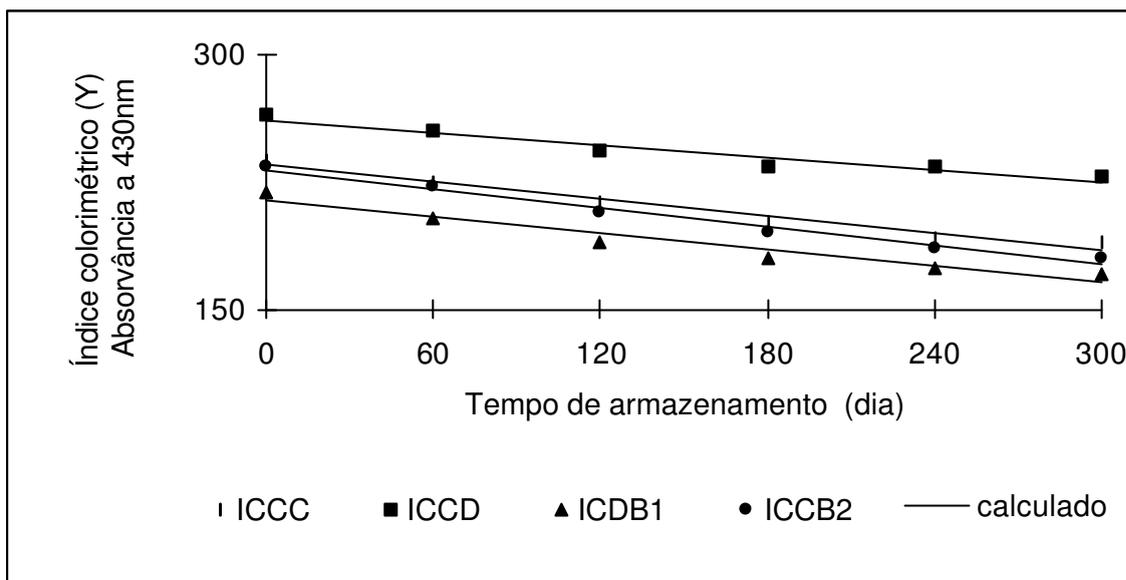


Figura 9 – Estimativa do índice colorimétrico medido pela absorvância a 430 nm para os cafés em coco (ICCC), descascado (ICCD), beneficiado do produtor 1 (ICCB1) e beneficiado do produtor 2 (ICCB2), em razão do tempo de armazenamento (T).

Quadro 8 – Equações de regressão ajustadas do índice colorimétrico (\hat{Y}) nos cafés em coco (ICCC), descascado (ICCD), beneficiado do produtor 1 (ICCB1) e beneficiado do produtor 2 (ICCB2), em razão do tempo de armazenamento (T) e dos respectivos coeficientes de determinação

Tipo de Café	Equações de Regressão	Coefficientes de Determinação
ICCC	$\hat{Y} = 237,964 - 0,251964 ** T + 0,000282739 * T^2$	0,99
ICCD	$\hat{Y} = 264,107 - 0,216250 ** T + 0,0002827387 ** T^2$	0,99
ICCB1	$\hat{Y} = 220,5 - 0,268691 ** T + 0,000327381 * T^2$	0,98
ICCB2	$\hat{Y} = 234,929 - 0,254405 ** T + 0,000168652 * T^2$	0,99

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Possivelmente, a casca e o pergaminho para o café em coco e o pergaminho para o café descascado podem ter contribuído para a proteção desses produtos contra as condições inadequadas de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento. Tais condições propiciaram um ambiente favorável à proliferação de microrganismos e reações químicas indesejáveis, levando o produto a uma queda no índice colorimétrico e a uma piora de qualidade.

Esses resultados concordam, em parte, com os de CARVALHO et al. (1994), que fizeram avaliações físico-químicas e químicas de grãos beneficiados de café que já haviam sido classificados, quanto à qualidade, em bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riada e rio, conseguindo realizar a separação do índice colorimétrico de cafés de bebida mole e dura dos de bebidas riada e rio. Concordam também com os de GRANER e GODOY (1967), GULLET (1992) e OLIVEIRA (1996), que relataram que a cor revela cuidados a serem tomados no preparo da bebida, sendo, indicativo de uma alteração causada por microrganismos e de que o produto sofre mudanças ocasionadas por reações químicas ocorridas durante o processo de armazenamento.

4.3. Testes físicos

4.3.1. Evolução da cor dos grãos

Para avaliação da evolução da cor dos quatro tipos de café como atributo de qualidade durante 10 meses de armazenamento, foram realizados testes físicos, utilizando-se o método de Hunter.

Foram ajustadas equações de regressão para os parâmetros " \hat{L} " e " \hat{a} " em razão do tempo de armazenamento (T). Os resultados desse parâmetro estão apresentados na Figura 10 e no Quadro 9, enquanto os do parâmetro "a" são mostrados na Figura 11 e no Quadro 10.

Os parâmetros " \hat{L} " (Figura 10) e " \hat{a} " (Figura 11) foram relevantes no julgamento da qualidade da cor dos cafés. Observou-se aumento das estimativas do parâmetro " \hat{L} ", referente ao branco e preto (Figura 10), durante

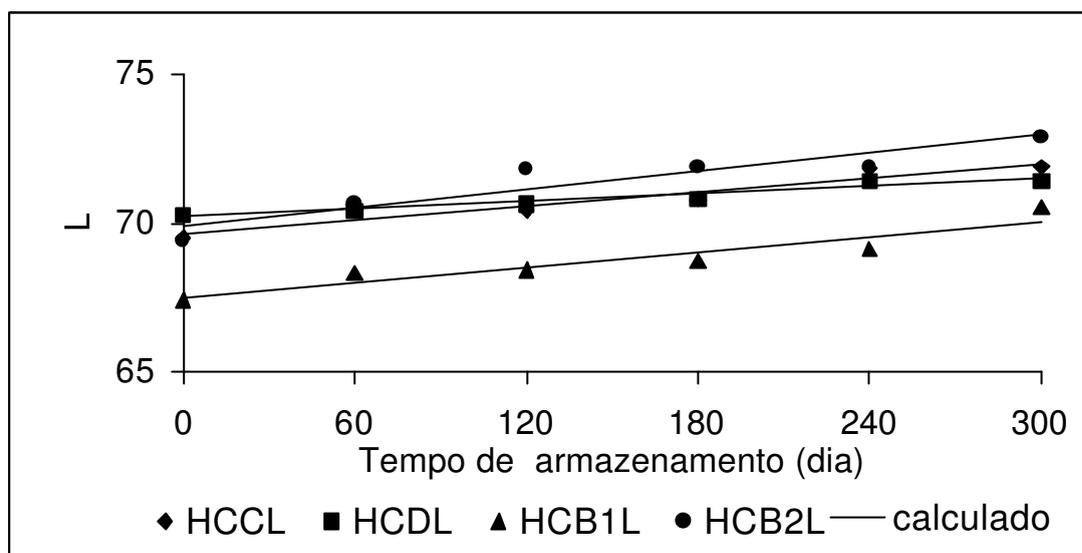


Figura 10 – Estimativas do parâmetro “ \hat{L} ” do método de Hunter nos cafés em coco (HCCL), descascado (HCDL), beneficiado do produtor 1 (HCB1L) e beneficiado do produtor 2 (HCB2L), em razão do tempo de armazenamento (T).

Quadro 9 – Equações de regressão ajustadas para o parâmetro “ \hat{L} ” do método de Hunter nos cafés em coco (HCCL), descascado (HCDL), beneficiado do produtor 1 (HCB1L) e beneficiado do produtor 2 (HCB2L), em razão do tempo de armazenamento (T) e dos seus coeficientes de determinação

Tipos de Café	Equações de Regressão	Coefficientes de Determinação
HCCL	$\hat{L} = 69,6714 + 0,0078238 \cdot T$	$R^2 = 0,93$
HCDL	$\hat{L} = 70,1967 + 0,0043 \cdot T$	$R^2 = 0,94$
HCB1L	$\hat{L} = 67,48 - 0,0086 \cdot T$	$R^2 = 0,88$
HCB2L	$\hat{L} = 69,913 - 0,0102 \cdot T$	$R^2 = 0,87$

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

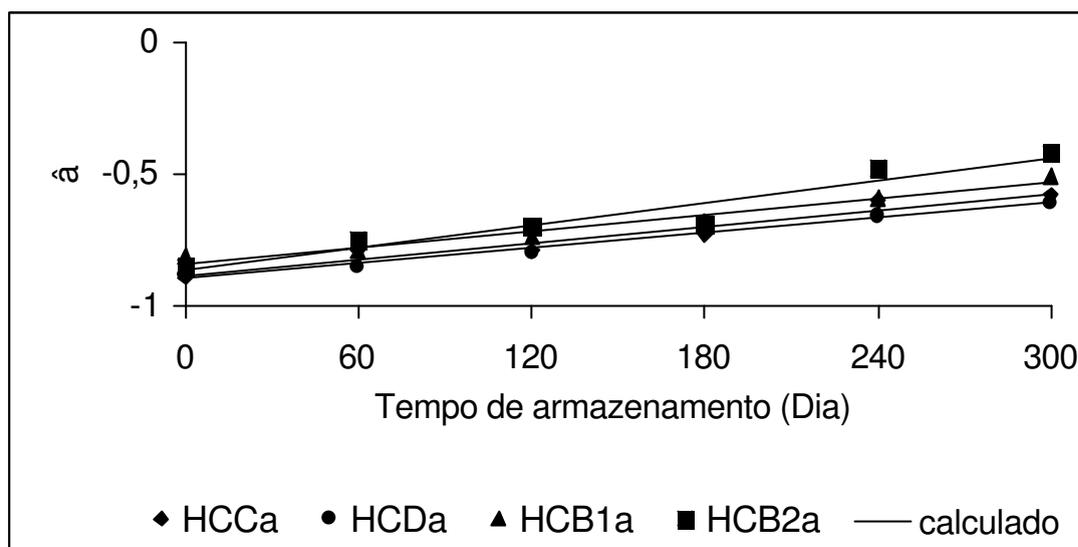


Figura 11 – Estimativas do parâmetro “â” do método de Hunter nos cafés em coco (HCCa), descascado (HCDa), beneficiado do produtor 1 (HCB1a) e beneficiado do produtor 2 (HCB2a), em razão do tempo de armazenamento (T).

Quadro 10 – Equações de regressão ajustadas para o parâmetro “â” do método de Hunter nos cafés em coco (HCCa), descascado (HCDa), beneficiado do produtor 1 (HCB1a) e beneficiado do produtor 2 (HCB2a), em razão do tempo de armazenamento (T) e dos seus coeficientes de determinação

Tipos de Café	Equações de Regressão	Coeficientes de Determinação
HCCa	$\hat{a} = 0,883 + 0,001 * * T$	$R^2 = 0,95$
HCDa	$\hat{a} = 0,8943 + 0,00096 * * T$	$R^2 = 0,98$
HCB1a	$\hat{a} = -0,837 + 0,001 * * T$	$R^2 = 0,97$
HCB2a	$\hat{a} = -0,8605 + 0,0014 * * T$	$R^2 = 0,93$

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

o armazenamento, mostrando tendência para cor branca durante o acondicionamento dos quatro tipos de café, já observados pelo teste sensorial e, também, pelo teste físico na avaliação do índice colorimétrico.

Observou-se aumento das estimativas do parâmetro “a” referente ao verde e vermelho durante o armazenamento (Figura 11), indicando a perda da coloração verde-escura e, conseqüentemente, do branqueamento dos quatro tipos de café, observados nos testes sensoriais e na avaliação do índice colorimétrico.

Os cafés em coco e descascado perderam a cor com menor intensidade durante os 10 meses de armazenamento, sendo, portanto, de melhor qualidade.

A casca e o pergaminho para o café em coco e o pergaminho para o café descascado foram os responsáveis por sua proteção contra as condições ambientais de armazenamento desfavoráveis, contribuindo para sua melhor qualidade.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os procedimentos atuais de avaliação da qualidade do café limitam-se, apenas, a uma série de apreciações subjetivas de aromaticidade, sabor e aspecto do produto, ignorando-se as causas dos danos físicos e, ou, químicos, devido aos diversos agentes causadores que depreciam esse produto. Profissionais treinados, cuja habilidade deve ser adquirida através de anos de experiência, são os responsáveis pela avaliação subjetiva do café.

Visando estudar métodos simples, objetivos e mensuráveis para avaliação da qualidade do café, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do tempo de armazenamento na qualidade dos cafés "em coco", descascado e beneficiado, bem como a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), o índice colorimétrico medido em espectrofotômetro e a cor dos grãos medida por meio de colorímetro tristímulo como métodos objetivos para determinação da qualidade do café, comparando-os com o método sensorial clássico.

O trabalho foi realizado nos laboratórios dos Departamentos de Engenharia Agrícola, Bioquímica e Biologia Molecular, Engenharia Florestal e Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, no período de 30 de março de 1997 a 30 de janeiro de 1998.

A avaliação subjetiva foi feita na Cooperativa dos Produtores de Café de Guaxupé, em Guaxupé, MG, onde foram realizados os testes de classificação

quanto ao tipo, à cor, ao tipo de peneira, ao aspecto do produto, à torração e ao gosto da bebida.

Para avaliação objetiva, foram feitos os testes químicos de avaliação da atividade da polifenoloxidase, utilizando-se a metodologia descrita por FUJITA et al. (1995).

Com relação aos testes físicos, foram feitas a determinação do índice colorimétrico, utilizando-se a metodologia descrita por SINGLETON (1966), com adaptação e avaliação da cor, por meio de um colorímetro tristímulo, pelo método de Hunter, nas escalas "L", "a" e "b". Sendo o parâmetro "L" relativo ao branco e preto, "a" ao vermelho e verde" e "b" ao amarelo e azul.

Com base nos resultados obtidos nos testes experimentais, concluiu-se que:

- A qualidade da bebida avaliada pelo "teste de xícara" manteve-se constante durante o armazenamento, exceto no caso do café descascado, que a partir de seis meses apresentou queda de qualidade.
- A cor e a qualidade da bebida existem em relação direta com PPO.
- Os tipos de cafés apresentaram, durante o período de armazenamento, variação de cor, tendendo ao branqueamento; no café beneficiado, essa tendência foi mais marcante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. Piracicaba: ESALQ, 1978. 85p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1978.
- AMORIM, H. V., SILVA, D.M. **Relação da atividade da polifenoloxidase do grão de café (*Coffe arabica* L.) com a qualidade da bebida**. Piracicaba: USP, ESALQ, 1968. 16p. (Boletim técnico, 31).
- AMORIM, H.V. **Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde e a qualidade da bebida**. Piracicaba: ESALQ, 1972, 136p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1972.
- AMORIM, H.V., CRUZ, A.R., DIAS, R.M., GUTIERREZ, L.E., TEIXEIRA, A.A., MELO, M., OLIVEIRA, G.D. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 5, 1977, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p.15-8.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO CAFÉ - **Coffee business**, Rio de Janeiro, Novembro, 1997, n.331.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.28, p.476-84, 1962.
- BÁRTHOLO, G.F., GUIMARÃES, P.G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.

- BÁRTHOLO, G.F., GUIMARÃES, P.G. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café (*Coffea arabica* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.162, p.33-44, 1989.
- CARVALHO, V.D., CHAGAS, S.J.R., CHALFOUN, S.M. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.
- CARVALHO, V.D., CHAGAS, S.J.R., CHALFOUN, S.M., BOTREL, N., JUSTE Júnior., E.S.G. Relação entre a composição físico-química e química do grão de café beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.449-454, 1994.
- CARVALHO, V.D., CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.26, p.79-92, 1985.
- CENTRI-GROSSI, M., TASSI-MICRO, C., SIVANO, V. Albumen fractionation of green coffe seed varieties by acrylamide gel electrophoresis. **Phytochemistry**, Elmsford, v.8, n.9, p.1749-1751, 1969.
- CLIFFORD, M.N. The composition of green and roasted coffe beans. **Process of Biochemistry**, Rickmansworth, p.20-23, 1975.
- CLYDESDALE, E.L. Tomato color as influenced by variety and enviroment. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Michigan, n.51, p.349-346, 1969.
- DRAETTA, I.S., LIMA, D.L. Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, p.13-28, 1976.
- FERREIRA, V.L.P. **Princípios e aplicações da calorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. 86p. (Instruções Técnicas, 19).
- FUJITA, S., SAARI, N., MAEGAWA, M., TESTUKE, T., HAYASHI, N. TONO, T. Purification and properties of polyphenol oxidase from cabbage (*Brassica oleracea* L.). **The Journal of Agricultural and Food Chemistry**., v. 43, n.5, p.1138-42,1995.
- GARRUTI, R.S., TEIXEIRA, C.G. Determinações de sólidos e solúveis e qualidade da bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. **Bragantia**, Campinas, v.21, n.7, p.77-82, 1962.
- GOLAN. A.G, WHITAKER, J.R. Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. **The Journal Agricultural and Food Chemistry**., v. 32, n.5, p. 1003-09, 1984.

- GOPAL, N.H., VASUDEVA, N. Studies on ascorbic acid in coffee plants. II Distribution in ripened fruits and its relationship with coffee quality. **Journal of Coffee Research**, v.40, p.25-28, 1974.
- GOULD, W.A. **Food quality assurance**. Westport, Connecticut: The AVI, 1977. 314 p.
- GRANER, E.A., GODOY, J.C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: Melhoramentos, 1967. 320p.
- GUIMARÃES, A.C. **Secagem de café (*Coffea arabica* L.) combinando sistemas em altas e baixas temperaturas**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- GULLET, E.A. Color and Food. In: HUY, Y.H. **Encyclopedia of food science and technology**. New York: John Wiley & Sons, 1992. v.3, p.452-460.
- GUYOT, B., CLROS, E., VINCENT, J.C. Caracterization et identification des composés de la fraction volatile d'un café vert arabica saint et d'un café arabica puant. **Café-Cacao-Thé**, Paris, v.26, n.4, p.279-288, 1982.
- HARA, T. **Storage factors affecting coffee quality**. Purdue, USA, Purdue University, 1972. 49 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Purdue University, 1972.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - IBC. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: 1977. 312p.
- KRUG, H.P. Cafés duros: II - um estudo sobre a qualidade dos cafés de variação. **Revista do Instituto do Café**, São Paulo, v.27, n.163, p.1393-1396, 1940.
- LITTLE, A.A. Physical measurements as predictors of visual appearance. **Food Technology**, Chicago, Illinois, v.30, n.10, p.74-82, 1976.
- LOPES, R.P. **Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café (*coffea arabica* L.) durante a armazenagem**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- MATIELLO, J.B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.
- MENCHÚ, E., F. La determinación de la calidad del café. Parte 1. Características, color y aspecto. **Agricultura de las Americas**, Kansas City, Missouri, v.16, n.5, p.18-21, 1967.

- MORRIS, N.J., LOHMANN, I.W., O'CONNOR, R.T., FREEMAN, A.F. Peanut butter 4. Determination of color of peanut butter by a spectral reflectance method. **Food Technology**, Chicago, Illinois, v.7, n.10, p.393-6, 1953.
- MUNSELL, A.H. **Munsell book of color**. Baltimore: v.2. 1957.
- MUTISO, S. Yellow Cherry. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.36, n.428, p.281-282, 1971.
- NICKERSON, D. **Color measurement and its applications to the grading of agricultural products**. Washington, D.C: USDA, 1957. (USDA Misc. Publ., 580).
- NORTHMORE, J.M. Raw bean colours and the quality of Kenya arabica coffee. **Turrialba**, Costa Rica, v.18, n.1, p.14-20, 1968.
- OLIVEIRA, M.V. **Efeito do armazenamento no branqueamento de grão de café beneficiado: modelagem matemática de processo**. Lavras: UFLA, 1995. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 1996.
- POMERANZ, Y. , MELOAN, C.E. **Food analysis: theory and practice**. Westport: Connecticut, The AVI, 1978. 710p.
- RIGITANO, A., TOSELLO, A., SOUZA, O.F., GARRUTI, R.S., JORGE, J.P.N. Observações preliminares sobre armazenamento de café beneficiado a granel. **Bragantia**. Campinas, v.23, n.4, p.39-43, 1964.
- ROCHAC, A. **Diccionario del café**. New York: Oficina Panamericana del Café, 1969. 490p.
- SILVA, C.G. **Qualidade da bebida do café (*coffea arabica* L.) avaliada por análise sensorial e espectrofotometria**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 44p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- SILVA, J.S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**, Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 1995, 509p.
- SINGLETON, V.L. The total phenolic content of grapes berries during the maturation of several varieties. **American Journal Enology Viticulture**, v.17, n.1, p.126-34, 1966.
- SIVETZ, M. **Coffee precessing technology**; aromatization, properties, brewing, decaffeination, plant design. Westport, connecticut: The AVI, 1963, v.2.
- SIVETZ, M., FOOTE, H.E. **Coffee precessing technology**. fruit-green, roast, and soluble coffe. Westport, connecticut: The AVI, 1963, v.1.

- STIRLING, H.G. Further experiments on factors affecting quality loss in stored arabica coffee. **Kenya Coffee**, Nairobi, v.40, n.466, p.28-35, 1975.
- SUBRAHMANYAN, V., BATHIA, D.S., NATARAJAN, C.P., MAJUNDER, S.K. Storage of coffee beans. **Indian Coffee**, Bangalore, v.25, n.1, p.26-36, 1961.
- TÔRRES, G. Qualidade: fator determinante para uma cafeicultura moderna. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.3, 1997.
- VILELA, E.R. Secagem e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.1, n.187, p.63-67, 1997.
- VOGEL, A.I. **Análise química quantitativa**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 1992. 712p.
- WILBAUX, R., HAHN, D. Contribution a l'étude des phénomènes intervenant au cours de la conservation du café vert. **Café-Cacao-Thé**, Paris, v.10, n.4. p.342-67, 1966.
- WHITAKER, J.R. Polyphenol oxidase. In: FENNEMA, O R., Karel, M., SANDERSON, G. W., TANNENBAUM, S.R., WAISTRA, P. WHITAKER J.R. (Eds.). **Principles of enzymology for the food sciences**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1994. P.543-556.

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A – Médias mensais de temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar registradas no interior do armazém durante o armazenamento

Mês	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Março/97	27	72
Abril/97	26	73
Maio/97	21	73
Junho/97	21	73
Julho/97	21	73
Agosto/97	16	70
Setembro/97	18	70
Outubro/97	22	73
Novembro/97	25	75
Dezembro/97	25	79
Janeiro/98	25	77

Quadro 2A – Resumo da análise de variância da regressão da atividade da enzima polifenoloxidase nos cafés em coco (CCE) e descascado (CDE), em razão do tempo de armazenamento (T)

FV	GL	Quadrados Médios	
		CCE	CDE
Regressão	2	708,8524**	496,0347**
Independente da regressão	3	5,876147	1,754619

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Quadro 3A – Resumo da análise de variância da regressão da atividade da enzima polifenoloxidase nos cafés beneficiado 1 (CB1E) e beneficiado 2 (CB2E), em razão do tempo de armazenamento (T)

FV	GL	Quadrados Médios	
		CB1E	CB2E
Regressão	1	1680,7**	2401,429**
Independente da regressão	4	172,7999	64,47615

Quadro 4A – Resumo da análise de variância da regressão da avaliação do índice colorimétrico nos cafés em coco (ICCC), descascado (ICCD), beneficiado do produtor 1 (ICCB1) e beneficiado do produtor 2 (ICCB2), em razão do tempo de armazenamento (T)

FV	GL	Quadrados Médios			
		ICCC	ICCD	ICCB1	ICCB2
Regressão	2	899,3461**	563,4539**	941,3859**	1315,338**
Independente da regressão	3	2,935897	0,3640947	6,409413	2,218945

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

Quadro 5A – Resultados dos testes físicos da avaliação da evolução da cor dos quatro tipos de café (coco, descascado, beneficiado do produtor 1 e beneficiado do produtor 2) cru em pó, durante 10 meses de armazenamento, realizados pelo método de Hunter

Café em Coco: Amostra 1				
Dia	Iluminação	L	a	b
0	C2º	69,49	-0,89	13,78
60	C2º	70,42	-0,79	13,69
120	C2º	70,42	-0,79	13,55
180	C2º	70,81	-0,73	13,51
240	C2º	71,82	-0,60	13,49
300	C2º	71,90	-0,58	13,22
Café Descascado: Amostra 2				
Dia	Iluminação	L	a	b
0	C2º	70,29	-0,88	13,77
60	C2º	70,40	-0,85	13,72
120	C2º	70,65	-0,80	13,55
180	C2º	70,83	-0,70	13,48
240	C2º	71,41	-0,66	13,23
300	C2º	71,44	-0,61	13,12
Café Beneficiado do Produtor 1: Amostra 3				
Dia	Iluminação	L	a	b
0	C2º	67,44	-0,81	13,88
60	C2º	68,35	-0,79	13,79
120	C2º	68,44	-0,74	13,68
180	C2º	68,74	-0,68	13,65
240	C2º	69,12	-0,59	13,60
300	C2º	70,53	-0,51	13,56
Café Beneficiado do Produtor 2: Amostra 4				
Dia	Iluminação	L	a	b
0	C2º	69,43	-0,85	13,89
60	C2º	70,64	-0,75	13,69
120	C2º	71,82	-0,70	13,62
180	C2º	71,91	-0,69	13,57
240	C2º	71,91	-0,48	13,28
300	C2º	72,92	-0,42	13,22

Quadro 6A – Resumo da análise de variância da regressão para os parâmetros “a” e “L” do método de Hunter, nos cafés em coco (HCCL, HCCa), descascado (HCDL, HCDa), beneficiado do produtor 1 (HCB1L, HCB1a) e beneficiado do produtor 2 (HCB2L, HCB2a), em razão do tempo de armazenamento (T)

FV	GL	Quadrados Médios							
		HCCL	HCDL	HCB1L	HCB2L	HCCa	HCDa	HCB1a	HCB2a
Regressão	1	3,856366**	1,146884**	4,659474**	6,511755**	0,06914286**	0,05829142**	0,06914289**	0,1260129**
Independente da regressão	4	0,06784879	0,01756348	0,1539292	0,2362325	0,0008476189	0,00032271457	0,0005142838	0,002467617

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de F.