



FRANCILE DIAS BARBOSA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO CAFÉ**

LAVRAS – MG

2011

FRANCILE DIAS BARBOSA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO DA
QUALIDADE DO CAFÉ**

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

Orientador

Dr. Flávio Meira Borém

Coorientador

Dr. Roberto Alves Braga Júnior

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Barbosa, Francile Dias.

Avaliação de métodos para o monitoramento da qualidade do
café / Francile Dias Barbosa. – Lavras : UFLA, 2011.

105 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Flávio Meira Borém.

Bibliografia.

1. Biospeckle laser. 2. Lercafé. 3. Métodos rápidos. 4. Análise.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 621.367

FRANCILE DIAS BARBOSA

**AVALIAÇÃO DE MÉTODOS PARA O MONITORAMENTO DA
QUALIDADE DO CAFÉ**

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

APROVADA em 18 de fevereiro de 2011.

Dr. Gerson Silva Giomo	IAC
Dra. Sttela Dellyzete Veiga Franco da Rosa	EMBRAPA
Dr. Roberto Alves Braga Júnior	UFLA

Dr. Flávio Meira Borém
Orientador

LAVRAS - MG

2011

À minha mãe, Sônia

Ao meu pai, Flávio

À minha irmã, Gabriela

À minha avó, Lourdes, onde quer que esteja.

*À Bel, presença marcante em minha vida, ao meu lado em todos os momentos,
com amor carinho e incentivo.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, saúde e esperança;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

Aos meus pais que fizeram de meus sonhos seus próprios objetivos e de meus objetivos sua própria luta.

Ao André, pela amizade, companheirismo, amor, paciência e compreensão mesmo nos momentos de desânimo e estresse.

Ao professor e orientador Flávio Meira Borém, pela orientação e incentivo constante, pelas sugestões e críticas que, certamente, contribuíram muito para o meu crescimento profissional, meus sinceros agradecimentos.

Ao professor e co-orientador Roberto Alves Braga Júnior, pela excelente orientação, pelos ensinamentos, paciência pelas minhas limitações e por ter me apresentado uma nova área de trabalho. E aos professores Stella Dellyzete Veiga Franco da Rosa e Giovanni Rabelo, pelas sugestões e contribuições.

Aos colegas do CEDIA (Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária), pela boa vontade e ajudas prestadas.

Agradeço a contribuição e os momentos de descontração de todos os amigos e colegas do laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas: Caio, Daiane, Diego, Diego Pet, Eder, Eduardo, Fabiana, Guilherme, Ivan, José Henrique, Júlia, Juliana, Letycia, Luisa, Pedro, Renan, Samuel, Valquíria. Ao funcionário do Polo de Tecnologia do Café “ Seu” Edson, pela ajuda, apoio e carinho. Ao Gerson pela boa vontade e ajudas prestadas.

À Greice, secretária da secretaria do curso de Pós- Graduação, pela educação e boa vontade no atendimento aos estudantes.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia, pela oportunidade e pela contribuição para a conclusão do curso de mestrado.

Enfim, a todos aqueles amigos, professores e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista.

RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho a avaliação de metodologias existentes e novas para monitoramento da qualidade dos grãos de café durante seu processamento, bem como a adaptação das metodologias que determinam a qualidade de sementes, para uso na avaliação da qualidade de grãos de café, visando uma maior eficiência na avaliação destes. Os cafés utilizados no experimento foram separados de acordo com seu estágio de maturação, formando dois lotes: frutos maduros e frutos imaturos, que posteriormente foram descascados e levados ao terreiro para uma pré-secagem. A secagem mecânica foi conduzida em três secadores de camada fixa nas seguintes temperaturas: 35°C, 40°C e 45°C, ocorrendo amostragem dos grãos de duas em duas horas, para análises pelo Lercafé e Biospeckle. Após secos os dois lotes foram subdivididos, sendo uma parcela beneficiada mecanicamente e a outra parcela teve seu pergaminho retirado manualmente. Após a aplicação dos tratamentos, os cafés foram degustados segundo o sistema de avaliação proposto pela Associação Americana de Cafés Especiais. Além da análise sensorial foram feitas as análises da Condutividade elétrica, Tetrazólio, Lercafé e Biospeckle Laser. Pode-se observar que os testes Lercafé e Biospeckle não conseguiram identificar nos grãos de cafés danos ocorridos durante o processo de secagem. No entanto o Lercafé apresentou-se eficaz, como também uma metodologia rápida na avaliação final dos grãos, sendo capaz de diferenciar danos térmicos, diferentes estágios de maturação e injúrias ocorridas pelo beneficiamento. O método do Biospeckle Laser não se mostrou assertivo em relação as análises conduzidas, todavia apresentou resultados que apontam para sua capacidade de perceber o grau de desestruturação molecular sofrido após a secagem.

Palavras-chave: Qualidade. Métodos rápidos. Biospeckle Laser. Lercafé.

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the existing methodologies for monitoring of the coffee quality of the grains of coffee during processing, adapting the methodology that determine the seed quality for use in evaluate of the coffee quality, in order increase efficiency in the evaluation of the same and exploitation biospeckle as a tool non destructive for evaluation of the biological activity of the grain and its quality. The coffees used in the experiment were separated according to their maturation stage, making two groups: ripe fruit and immature fruit, where, after were stripped and taken to the yard for a pre-drying. The mechanical drying was conducted in three dryer's machines with layer fine at the following temperatures: 35 °C, 40 °C and 45 °C, grain sampling occurring each two hours for analysis by Lercafé and biospeckle. After dry the two set were subdivided, which a part were mechanically benefit and the other part had his parchment removed manually. After treatment application, the coffees were tasted by a system of evaluation proposed by Specialty Coffee American Association. In addition the sensorial analysis, were made by electrical conductivity analysis, tetrazolium, Lercafé and biospeckle. It can be observed that the Lercafé tests and biospeckle technique does not get to identify the damage in coffee beans occurring during the drying process. However the Lercafé showed efficient and fast methodology in the final evaluation of the grains, able to differentiate thermal damage, different maturation stages and injuries that occur at processing. Biospeckle Laser method was not assertive in relation to the analysis conducted, however, presented results that indicate its ability to perceive the degree of molecular disintegration suffered after drying.

Keywords: Quality. Rapid methods. Biospeckle. Lercafé.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Típico padrão de speckle	38
Figura 2	Resultado do Fujji em grãos de café.....	40
Figura 3	Resultados STS (a) superfície estática, (b) processo dinâmico.	41
Figura 4	STS e respectivas matrizes de co- ocorrências	43
Figura 6	Fluxograma do processamento, secagem e beneficiamento do café cereja e verde, verde-cana	48
Figura 7	Esquema básico da iluminação dos grãos.....	52
Figura 8	Grãos de Café classificados de acordo com os danos ocasionados pela secagem.....	63
Figura 9	Critérios adotados para grãos, cujo pergaminho foi retirado manualmente.....	67
Figura 10	Critérios adotados para grãos, cujo pergaminho foi retirado mecanicamente	72
Figura 11	Grãos secos a temperatura de 40°C (a) fruto maduro, (b) fruto imaturo.....	74
Figura 12	Identificação de danos ocasionados por broca do café pelo Teste Lercafé.....	75
Figura 13	(a) STS de um grão cereja durante o processo de secagem a 35°C, (b) STS de um grão cereja seco a 35°C com 11% de teor de água, ambos beneficiados manualmente	81
Figura 14	Resultado de Fujji em grão cujo pergaminho foi retirado manualmente e seco a temperatura de 40°C.....	82
Figura 15	Resultado de Fujji em grão cujo pergaminho foi retirado mecânicamente e seco a temperatura de 40°C.....	82

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 A – Resultado do Lercafé (2,5%- 1h) durante o processo de secagem, B- Resultado do Lercafé (5%- 1h) durante o processo de secagem. Grãos secos com ar aquecido a 35°C.....	68
Gráfico 2 A – Resultado do Lercafé (2,5%- 1h) durante o processo de secagem, B- Resultado do Lercafé (5%- 1h) durante o processo de secagem. Grãos secos com ar aquecido a 40°C.....	69
Gráfico 3 A – Resultado do Lercafé (2,5%- 1h) durante o processo de secagem, B- Resultado do Lercafé (5%- 1h) durante o processo de secagem. Grãos secos com ar aquecido a 45°C.....	70
Quadro 1 Escala da qualidade para os atributos do café	37
Quadro 2 Momentos de intensidades (MI) das Matrizes de Co-Ocorrências da Figura 4	44
Quadro 3 Escala de classificação, baseada na nota final da análise sensorial, segundo protocolo da SCAA.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características do ar ambiente no período de secagem.....	57
Tabela 2	Valores médios das condições do café para os tratamentos de secagem, após a pré- secagem em terreiro	57
Tabela 3	Valores médios das notas dos atributos acidez, corpo e finalização para cada tratamento de secagem e estágio de maturação – Lavras – 2010.....	59
Tabela 4	Valores médios das notas de equilíbrio e nota global para cada tratamento de secagem e estágio de maturação – Lavras - 2010	60
Tabela 5	Valores médios de Condutividade elétrica para o efeito de interação Temperatura x Beneficiamento	61
Tabela 6	Valores médios de condutividade elétrica para o estágio de maturação dos grãos.....	62
Tabela 7	Valores médios do teste de tetrazólio para os tratamento de secagem, beneficiamento e estágio de maturação – Lavras - 2010....	64
Tabela 8	Valores médios do Teste Lercafê para o desdobramento temperatura e beneficiamento	73
Tabela 9	Resultados dos valores médios do Teste Lercafê para o desdobramento maturação e temperatura.....	73
Tabela 10	Valores médios do teste Lercafê para as Concentrações de hipoclorito de sódio – Lavras - 2010.....	75
Tabela 11	Valores médios dos Momentos de Inércia para grãos nos estádios cerejas e verde, verde-cana durante a secagem.....	77
Tabela 12	Valores médios dos Momentos de Inércia dos grãos com teores de água a 11%.....	79
Tabela 13	Valores médios de Momento de Inércia para grãos com teor de água a 11% b.u e que apresentam diferentes tipos de bebidas.....	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Produção de café	17
2.2	Gestão de qualidade	18
2.3	Fatores que afetam a qualidade do café	21
2.3.1	Influência do estágio de maturação dos frutos	22
2.3.2	Processamento do café	23
2.3.3	Secagem	25
2.3.4	Influência de danos mecânicos	28
2.3	Métodos de avaliação da qualidade do café	30
2.4.1	Tetrazólio	30
2.4.2	Condutividade elétrica	32
2.4.3	Lercafê	34
2.4.4	Análise sensorial	35
2.4.5	Biospeckle laser	37
2.4.5.1	Análise gráfica do biospeckle - Método de Fujji	39
2.4.5.2	Análise numérica - Momento de Inércia	40
3	MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1	Processamento do café	45
3.2	Secagem	45
3.3	Beneficiamento	47
3.4	Armazenamento	48
3.5	Caracterização da qualidade do café	49
3.5.1	Condutividade elétrica	49
3.5.2	Lercafê	49
3.5.2.1	Preparo da solução	49
3.5.2.2	Exposição dos grãos ao NaClO	49
3.5.2.3	Avaliação dos resultados	50
3.5.3	Tetrazólio	51
3.5.4	Biospeckle laser	52
3.5.5	Análise sensorial	54
3.5.6	Delineamento estatístico	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Análise sensorial	58
4.2	Condutividade elétrica	61
4.3	Tetrazólio	63
4.4	Lercafê	66
4.5	Biospeckle laser	76
5	CONCLUSÕES	85

6	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	86
	REFERÊNCIAS.....	88
	ANEXOS.....	98

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio do café concentra uma das mais competitivas e dinâmicas cadeias de produção brasileiras, sendo o segundo maior gerador de riquezas do planeta, perdendo apenas para o petróleo. É um mercado que movimenta anualmente 91 bilhões de dólares e emprega cerca de meio bilhão de pessoas, ou seja, 8 % da população mundial (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG, 2000).

A previsão atual para a produção nacional de café beneficiado indica 47,04 milhões de sacas de 60 quilos. O resultado representa um acréscimo de 19,2%, ou de 7,57 milhões de sacas, quando comparado com a produção de 2009, o que caracteriza a importância dessa cultura no cenário agrícola nacional e mundial (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

O valor comercial do café é definido a partir de características sensoriais que dependem da composição química dos grãos. Sabe-se que o ambiente, as cultivares, a condução e manejo da lavoura, a colheita, o processamento, a secagem, o armazenamento e beneficiamento influenciam na qualidade do café.

Com a crescente preocupação acerca da qualidade dos alimentos, várias ferramentas de gestão têm sido criadas e utilizadas na expectativa de oferecer ao consumidor, um produto seguro e, ao mesmo tempo, contemplar as exigências de comercialização. Além desses pontos, há também a diminuição de custos, gerada pela redução de perdas e otimização da produção, dentre outros benefícios. Das ferramentas disponíveis pode-se citar as BPF (Boas Práticas de Fabricação), PPHO (Procedimentos Padrão de Higiene Operacional), MRA (Avaliação de Riscos Microbiológicos), Gerenciamento da Qualidade (Série

ISO), TQM (Gerenciamento da Qualidade Total) e o Sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle).

As avaliações das atividades e dos resultados do processo tornam-se necessárias tendo em vista a verificação da concretude dos objetivos e estratégias definidos. Os indicadores são uma forma de medir uma situação atual contra um padrão previamente estabelecido. Além disso, dão suporte à análise crítica dos resultados, às tomadas de decisão e ao planejamento e controle dos processos de organização (SCHMIDT; SANTOS; MARTINS, 2006).

No entanto, durante o processamento do café, não existem métodos que permitem avaliar as alterações na qualidade dos grãos. A qualidade do café é determinada apenas no final do processamento, quando as alterações já ocorreram, impossibilitando ações preventivas ou corretivas. A aplicação de um modelo de avaliação dos efeitos do processo de produção de café pode significar maior qualidade do produto e menores perdas e, conseqüentemente, maiores lucros.

Atualmente os testes mais utilizados para avaliar a qualidade dos grãos de café são: Condutividade elétrica, Tetrazólio, Lercafé, Lixiviação de potássio, Análise Sensorial, entre outros. Contudo, esses testes demandam muito tempo para sua realização e alguns são trabalhosos, exigindo mão-de-obra altamente qualificada. Assim, torna-se necessário que mais pesquisas sejam dedicadas ao desenvolvimento de técnicas de avaliação da qualidade dos grãos de café que propiciem o equilíbrio entre a precisão dos resultados, a facilidade e rapidez de execução e, afinal, a divulgação dos resultados.

A necessidade de técnicas rápidas e eficientes de avaliação de propriedades de materiais biológicos tem incentivado a busca por métodos que utilizam meios não destrutivos, uma vez que preservam o produto analisado. Os

testes para análise de vigor e viabilidade de sementes apresentam um desafio: a capacidade, de em apenas um teste, indicar o desempenho da semente baseando-se nas distintas características avaliadas pelos mesmos (MARCOS FILHO et al., 1999).

Os métodos que empregam visão artificial e processamento de imagens ocupam um lugar de destaque em pesquisas (HOWARTH; STANWOOD, 1993). Nesse sentido, uma técnica que vem surgindo como forma de avaliação de atividade biológica baseia-se em um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando o laser incide sobre uma superfície na qual se desenvolve um processo dinâmico. Esse fenômeno é conhecido como *speckle* dinâmico ou *biospeckle*, e esta técnica vem sendo apresentada com grande potencial para a análise de sementes (BRAGA JÚNIOR, 2000).

Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar metodologias existentes para monitoramento da qualidade dos grãos de café, em busca de uma que seja de fácil execução, rápida e eficaz, resultando em maior controle durante o processamento do café minimizando situações adversas, perdas, com a consequente manutenção da qualidade do produto. Buscou-se também adaptar metodologias existentes para avaliação da qualidade de sementes, para uso na determinação da qualidade de grãos de café, visando uma maior eficiência na avaliação dos mesmos bem como a exploração do Biospeckle laser como ferramenta de avaliação de diferentes atividades biológicas nos grãos de café, bem como seu potencial para avaliar a qualidade da bebida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de café

Historicamente o café possui importante papel econômico no cenário nacional chegando a contribuir, isoladamente, com 70% do valor das exportações brasileiras no período de 1925/1929. Mesmo sendo um expressivo gerador de divisas para o país, o que tem se observado nas últimas décadas foi a diminuição desse produto na participação no mercado internacional, principalmente por causa da oferta de quantidade sem preocupação com qualidade. No entanto, no desafio da competição globalizada, a nova estratégia de competitividade indica que a qualidade e a individualização do atendimento são práticas fundamentais para se alcançar o sucesso no agronegócio café.

Segundo Zylbersztajn e Farina (2001), 40% a 50% da produção, mesmo em fazendas especializadas, são comercializadas como cafés de qualidade superior, sendo todo o resto vendido como café commodity no mercado.

O Programa do Selo de Pureza, criado pela Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC) em 1989 e que ainda permanece ativo, foi a primeira iniciativa dessa entidade para impulsionar o consumo através da melhoria da qualidade. Em 2004, a ABIC deu início a segunda iniciativa, que foi a criação e o lançamento do novo PQC - Programa de Qualidade do Café. Uma das finalidades do Programa é informar a qualidade do café que está sendo vendido, além de permitir que o consumidor identifique o tipo de grão utilizado por cada marca e ,com isso, possa escolher o sabor que lhe mais agrada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2010).

Contudo, apesar de todo esse trabalho realizado em prol da qualidade, são inexistentes dados sobre as perdas econômicas decorrentes da baixa qualidade do café.

2.2 Gestão de qualidade

Até a década de 50, grande parte dos sistemas de segurança de alimentos era baseada em testes feitos no produto final, metodologia esta que não possibilitava a identificação das causas que comprometiam a qualidade do produto nem fornecia qualquer garantia à segurança desses alimentos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2001). A partir da década de 50, com a adaptação da ferramenta “Boas Práticas” (BP) da Indústria Farmacêutica para a realidade da Indústria de Alimentos, deu-se início a um grande avanço na dinamização da produção de alimentos mais seguros (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI, 2010).

Após a década de 50, várias ferramentas de gestão da qualidade já foram criadas e utilizadas na expectativa de atender a quesitos de idoneidade em respeito ao consumidor, para oferecer um produto seguro e, ao mesmo tempo, contemplar as exigências de comercialização, principalmente as de exportação, nas quais os critérios são mais rigorosos. Além disso, há também a diminuição de custos, gerada pela redução de perdas e otimização da produção, dentre outros benefícios (FURTINI; ABREU, 2005).

Das ferramentas disponíveis podem-se citar as BPF (Boas Práticas de Fabricação), PPHO (Procedimentos Padrão de Higiene Operacional), MRA (Avaliação de Riscos Microbiológicos), o Gerenciamento da Qualidade (Série ISO), TQM (Gerenciamento da Qualidade Total) e o sistema APPCC (Análise

de Perigos e Pontos Críticos de Controle) (OLIVEIRA; PEREZ JÚNIOR; SILVA, 2005).

Os pontos críticos de controle (PCC) são definidos como as etapas do processo nas quais se aplicam medidas preventivas de controle com o objetivo de eliminar, prevenir ou reduzir, a níveis aceitáveis, os perigos que possam causar danos à qualidade do produto e à saúde do consumidor. Exemplos de PCC's podem incluir etapas como a secagem de grãos de café, em que são controlados o tempo e a temperatura de secagem e etapas em que se realizam testes para detecção de micotoxinas (NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS - NACMF, 1998).

Em geral, estudos detalhados são conduzidos tanto agências governamentais em parceria com instituições públicas, como também por profissionais capacitados para identificar os possíveis danos gerados ao produto. Como resultados são desenvolvidos manuais com informações importantes que podem ser utilizados para o treinamento de profissionais e para a adequação de processos de forma a garantir a qualidade e segurança de tais produtos.

No sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, um perigo é definido como agente físico, químico ou biológico de provável ocorrência, que pode, caso não seja controlado causar, risco de doença ou injúria ao consumidor (FAO, 2001; NACMCF, 1998; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - SBCTA, 1995).

No desenvolvimento do plano APPCC, sete princípios são empregados: identificação e análise dos perigos potenciais; identificação dos pontos críticos de controle; definição dos limites críticos; definição dos procedimentos de monitoramento; definição das ações corretivas; estabelecimento dos

procedimentos de verificação; estabelecimento dos procedimentos efetivos de registros e documentação (SBCTA, 1995).

Apesar da sua maior aplicação em indústrias do setor de alimentos, tal sistema vem sendo aplicado em todos os segmentos da cadeia produtiva, desde a fazenda até o consumidor final, sendo que em países desenvolvidos, a sua aplicação já ocorre na produção primária.

Controle (APPCC) favorece a correta identificação dos riscos e perigos que podem comprometer a qualidade intrínseca e a sanidade do produto, atuando com um importante instrumento na elaboração de requisitos que possam nortear a produção do café brasileiro dentro de padrões internacionais de qualidade (MARTINS, 2006).

A utilização do sistema APPCC, pelo setor cafeeiro, depende de um completo entendimento do sistema de produção, mediante o estabelecimento de um modelo prévio, que requer o amplo conhecimento dos métodos e parâmetros do processamento, aspectos biológicos e as interações entre os diversos componentes do sistema. Para atingir tais objetivos, os segmentos envolvidos no agronegócio do café, juntamente com a FAO e a OIC vêm investindo, nos últimos cinco anos, cerca de seis bilhões de dólares em projetos de melhoria da qualidade do café (PARIZZI, 2005).

Para se utilizar os princípios do sistema APPCC para melhoria do processamento pós-colheita do café, além de dados científicos sobre as várias etapas de produção e processamento (preparo, secagem e armazenamento) que afetam a qualidade dos grãos de café, mostra-se necessária a identificação de quais etapas e quais variáveis do processo devem ser controladas para se prevenir a ocorrência do perigo identificado (MARTINS, 2006).

A ISO - International Standards Organization é uma federação mundial de órgãos internacionais de normalização, que tem por objetivo preparar e emitir normas técnicas. A ISO, sediada em Genebra, é uma organização criada em 1946 por 25 países que tem como objetivo fornecer referências internacionais para regularizar obrigações contratuais entre fornecedores e compradores, centrados na garantia de manutenção.

Normas nos mais diferentes segmentos são criadas pela ISO, assim como especificações de produtos e matérias-primas, em todas as áreas (existem normas, por exemplo, para classificação de hotéis, café, usinas nucleares, etc.). A ISO ficou popularizada pela série 9000, ou seja, as normas que tratam de Sistemas para Gestão e Garantia da Qualidade nas empresas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO, 2010).

Em sua essência, a ISO 9000 é uma norma que visa estabelecer critérios para um adequado gerenciamento do negócio tendo como foco principal a satisfação do cliente e consumidor, através de uma série de ações.

A série ISO conta com as seguintes normas:

- a) ISO 9000 - Normas sobre Gestão e Garantia da Qualidade: Diretriz para Seleção e uso;
- b) ISO 9001 - Sistemas da Qualidade: Modelo para garantia da Qualidade em Projeto / Desenvolvimento, Fabricação, Montagem e Assistência Técnica- ISO 9002 - Sistemas da Qualidade: Modelo para Garantia da Qualidade em Fabricação e Montagem.

2.3 Fatores que afetam a qualidade do café

A importância da cafeicultura para o desenvolvimento social e econômico do Brasil é indiscutível. Porém, a qualidade do café brasileiro é um dos problemas básicos com que se defronta a cafeicultura nacional. Nas últimas décadas, o setor passou por inconstâncias, tornando imprescindível a busca pela melhoria da qualidade, procurando-se ampliar não só seu consumo no mercado brasileiro, mas também, as exportações (ABIC, 2010).

Atualmente a produção de café com qualidade tem valorizado mais os atributos sensoriais, organolépticos e higiênico-sanitário do produto, além dos aspectos relacionados à proteção ambiental e valorização social.

A qualidade do café pode ser definida como a junção das características físicas do grão cru e torrado com as características sensoriais da bebida. Basicamente pode-se dizer que a qualidade do café é resultado da interação entre a cultivar, as características edafoclimáticas, a condução e o manejo da lavoura, a colheita, o processamento, a secagem, o armazenamento e o beneficiamento (CAMARGO; SALVA, 2007).

2.3.1 Influência do estágio de maturação dos frutos

A qualidade sensorial do café está diretamente relacionada com a composição química dos grãos. O elevado número de defeitos e a presença de grãos imaturos (verde, verde-cana) interferem na composição química e, por consequência, comprometem a qualidade da bebida (MAZZAFERA et al., 1998).

Segundo Silva et al. (2004), devem-se tomar os seguintes cuidados na ocasião da colheita: iniciá-la quando a maioria dos frutos estiver maduro e antes que se inicie a queda dos frutos secos; evitar a incidência de grãos ardidos e pretos, que são resultantes da permanência prolongada dos frutos no cafeeiro; evitar ao máximo a colheita de grãos verdes; e, efetuar a separação dos frutos em

vários estádios de maturação, com o auxílio de lavadores e separadores, evitando-se, assim, matéria- prima heterogênea.

Freire e Miguel (1985), em trabalho realizado com café em diferentes estádios de maturação, concluíram que a elevada proporção de grãos verdes ocasionou aumento das perdas de rendimento final, comprometendo a bebida. Pimenta (1995) observou que cafés colhidos verdes apresentaram maior número de defeitos e foram reprovados para comercialização. Os frutos colhidos secos indicaram valores intermediários enquanto os maduros foram classificados como tipo seis e também como bebida dura.

Os frutos maduros, no estágio cereja, apresentam máxima qualidade por possuírem composição química adequada para à produção. Estudo da Organización Internacional del Café - OIC (1992), concluiu que grãos colhidos verdes dão origem a uma bebida muito desagradável, ao ponto de o café ser não palatável; isto confirma que uma quantidade mínima destes grãos nas misturas causa redução na qualidade final da bebida do café. Em amostras de cafés maduros (cereja) as bebidas, em geral, são de excelente qualidade sensorial.

2.3.2 Processamento do café

O processamento é uma importante etapa da pós-colheita. A escolha do método de processamento depende das condições financeiras do cafeicultor, da produtividade e qualidade almejada (WINTGENS, 2004).

No Brasil, em virtude do método de colheita empregado, o café recém-colhido é constituído por mistura de frutos verdes, cerejas, passas, folhas, ramos, torrões e pedras. Após a colheita por derriça no chão, no pano ou mecanizada, o café é submetido ao processo de separação das impurezas, que pode ser feito por peneiramento manual ou por máquinas de pré-limpeza. Em seguida, o café deve passar pelo separador hidráulico, no qual a separação é feita de acordo com a

densidade dos frutos, ou seja, separando os cafés bóia (secos, brocados e mal granados) dos frutos cereja e verde.

Nesse ponto pode-se diferenciar duas formas de preparo dos grãos de café, por via seca ou por via úmida. Na forma de preparo por via seca, atualmente a mais utilizada no Brasil, os frutos são submetidos à secagem intactos, sem a remoção do exocarpo. Já no processamento via úmida podem ser produzidos: os cafés cereja descascado, resultado da remoção mecânica da casca e, parcialmente, da mucilagem do fruto; os cafés cereja despolpados, originados de frutos descascados mecanicamente com a mucilagem remanescente removida por fermentação; e os cafés cereja desmucilados, resultado da remoção mecânica tanto da casca quanto da mucilagem (BORÉM et al., 2008).

Uma das vantagens da remoção da casca e da mucilagem do café é a obtenção de lotes mais homogêneos, o que facilita a etapa de secagem e permite maior controle sobre a qualidade final do produto. A rápida eliminação da casca e da mucilagem, por serem fontes de fermentação e retardarem a secagem, facilita a obtenção de cafés de boa bebida independentemente da zona de produção e, quando bem preparados, são sempre classificados como de bebida de alto valor comercial. Neste caso, a retirada da mucilagem, reduz os riscos de desenvolvimento de micro organismos associados aos frutos, responsáveis por fermentações indesejáveis (BORÉM, 2004).

Além disso, os cafés em pergaminho apresentam a vantagem de diminuir consideravelmente a área de terreiro e o tempo necessário para secagem. Nas fases posteriores do preparo reduz-se em até 60% o volume necessário de secadores, silos e tulas (AFONSO JÚNIOR, 2001; BORÉM, 2004).

Em estudo sobre a qualidade do café preparado sob diferentes métodos de processamento, Brando (1999) observou características superiores da bebida

para os cafés descascados, despulpados e desmucilados em relação ao café natural.

A OIC (1992) analisou as características sensoriais do café-cereja descascado, proveniente dos municípios de Mococa (SP), Botelhos (MG) e Arapucarana (PR). No aspecto geral, as amostras analisadas apresentaram as maiores e melhores características sensoriais, como corpo, acidez, aroma e sabor de ácido cítrico e de fruta, quando comparadas às sensações negativas de aroma, como madeira, cinza e tabaco.

2.3.3 Secagem

Os frutos do café geralmente são colhidos com teor de água variando entre 30 e 65% (b.u), dependendo do seu estado de maturação, e, portanto sujeitos à rápida deterioração. Durante a secagem, os teores de água dos grãos são reduzidos de 60 % b.u para 11,5 % b.u, eliminando-se, assim, riscos com respiração, oxidação, fermentações e desenvolvimento de fungos e bactérias (WINTGENS, 2004). Por outro lado, se não forem utilizadas as melhores técnicas de secagem, a qualidade poderá ser prejudicada em decorrência de alterações físicas, químicas e sensoriais indesejáveis. Tendo em vista esses problemas, busca-se um controle maior dos parâmetros de secagem (temperatura do ar de secagem, temperatura da massa de grãos, umidade relativa e fluxo de ar), para poder minimizar situações adversas ao produto (AFONSO JÚNIOR, 2001).

A escolha pelo melhor método de secagem depende, dentre outros fatores, do produto a ser seco, da sua composição química e das características físicas desejadas no produto final (CUNNINGHAN, 1982). No Brasil, dados os aspectos tecnológicos envolvidos, utilizam-se basicamente três métodos para a secagem de café (SILVA; BERBERT, 1999): secagem em terreiros, que podem

ser construídos de concreto, lama asfáltica, tijolos, chão batido e leito suspenso, em secadores mecânicos e de forma mista combinando secagem em terreiros e em secadores (LACERDA FILHO; SILVA, 2006).

No caso de grãos (OBANDO-FLOR et al., 2004), é desejável que, ao final do processo, o teor de água seja uniforme e apropriado às condições de armazenamento; que apresentem baixa porcentagem de grãos quebrados e danificados; que haja baixa susceptibilidade à quebra; que se constate a redução da incidência de fungos e a conservação das características nutricionais.

Durante o processo de secagem do café, modificações na composição química e física dos grãos poderão ocorrer (cor, aspecto, aroma e gosto da bebida, etc.) prejudicando sua qualidade (AMORIM et al., 1977; RIBEIRO et al., 2003).

As temperaturas do ar de secagem têm efeito significativo sobre a qualidade do produto, de tal maneira que o aumento da temperatura a níveis superiores àqueles necessários para evaporação da água provoca aquecimento do produto, danos imediatos e latentes, descoloração (OBANDO-FLOR; CARVALHO; COSTA, 2001). Para determinar a temperatura do ar de secagem devem ser considerados fatores como, o uso final do grão; o teor de água inicial e o tipo de produto.

A secagem executada com baixa temperatura pode utilizar as condições ambientais do ar, como também de pequenos incrementos de temperatura. Neste processo, o tempo que o produto leva para perder umidade pode possibilitar o desenvolvimento de microrganismos ou acelerar as atividades metabólicas dos frutos e grãos e, conseqüentemente, reduzir a qualidade final do café (BORÉM et al., 2006b). Já a secagem em alta temperatura, no caso do café, se praticada em níveis acima de 45 °C nos grãos ocasiona expansão, contração e alterações na densidade e porosidade destes, contribuindo para a redução da sua qualidade pela ação do calor. Desta forma, tanto a secagem em baixa ou em alta

temperatura podem concorrer para o fracasso dessa operação, considerando-se a qualidade do produto.

Portanto prevalece a necessidade de manter-se o produto abaixo de um nível limite de temperatura, requerendo assim que, a temperatura da massa de grãos seja controlada em um máximo de 40°C, de modo a preservar a qualidade final da bebida do café. Como consequência, o material pode ser danificado pelo longo período necessário de secagem, que pode se estender por 16 até 45 horas, dependendo do produto e das condições operacionais. Entretanto, alguns autores (BORÉM et al., 2006b; RIBEIRO et al., 2003; SILVA, 2000) mencionam que outros parâmetros, além da temperatura do ar de secagem, estão envolvidos na redução da qualidade de produtos agrícolas, entre os quais está a umidade relativa do ar de secagem.

Além do efeito da temperatura, a interação entre a temperatura e o teor de água inicial do café também interferem na qualidade do produto, de tal forma que esta não será garantida apenas evitando-se fermentações; é imprescindível que a secagem seja a mais lenta possível com o objetivo de manter intacto o interior do grão. Elevadas temperaturas e altas taxas de secagem poderão romper as estruturas internas dos grãos expondo óleos e outros componentes à ação do oxigênio e assim, comprometer a qualidade do café (BORÉM et al., 2008).

Dados de literatura mostraram que a diminuição da qualidade do café não está associada com ao pH, mas, sim, à elevação da acidez a qual estaria associada ao número de defeitos dos grãos (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2004). A elevação da acidez tem sido atribuída também à fermentação durante o processo de secagem (CARVALHO et al., 1994). Afonso Júnior (2001), afirma que os grãos descascados e despolpados apresentaram menor influência da variação da temperatura e umidade relativa do ar de secagem sobre a acidez titulável, enquanto os frutos cerejas mostraram redução dos índices de acidez com a elevação da temperatura do ar de secagem.

Segundo Reinato (2003) os testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica têm se apresentado como indicadores consistentes da integridade de membranas celulares apresentando bebidas de pior qualidade (dura, riada e rio) e os maiores valores de lixiviação de potássio e condutividade elétrica têm se apresentado em grãos de café secados sob temperaturas mais elevadas.

Afonso Júnior (2001) e Jham et al. (2000) observaram que a acidez graxa diminui quanto menor for a temperatura do ar de secagem, independentemente do tipo de processamento, afetando menos a qualidade.

De acordo com diversos pesquisadores, primordialmente não se percebem momentaneamente os danos causados pela ação da secagem realizada incorretamente, mas, quando o produto é armazenado por um determinado período de tempo, apresentam-se de forma a acelerando o declínio do potencial de qualidade do material.

2.3.4 Influência de danos mecânicos

Os danos mecânicos causados por ação de agentes físicos em grãos de café nas fases de produção são apontados como um dos fatores que contribuem para a redução de sua qualidade. Desta forma, Bewley e Black (1994) e Carvalho e Nakagawa (1988), definem as injúrias mecânicas, como sendo danos causados por agentes físicos na colheita, beneficiamento, armazenamento, transporte e plantio, causando-lhes abrasões, trincas, rachaduras e quebraduras, e, também, estão diretamente relacionados à redução da germinação, emergência e vigor, bem como, ao potencial de armazenabilidade de grãos e sementes.

Quando os danos são visíveis (grãos partidos e com rupturas no tegumento), os produtos podem ser separados, durante a limpeza, por máquinas que classificam os produtos de acordo com suas formas, tamanhos e

propriedades físicas. Os danos internos e rupturas de baixa intensidade são difíceis de serem detectados, tornam os frutos e grãos susceptíveis ao ataque de insetos e microrganismos, influenciando, diretamente na qualidade final do produto (CHAVES et al., 1992).

A porcentagem de grãos trincados ou quebrados aumenta, significativamente com o aumento da velocidade de impacto no grão e o decréscimo de seu teor de água (PAULSEN; NAVE; GRAY, 1981). Vários fatores como a temperatura do ar de secagem, presença de tensões de quebra e características genótípicas influenciam na susceptibilidade desses produtos à quebra (GUNASEKARAN; MUTHUKUMARAPPAN, 1993).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (1988) e Coutinho (1984), os danos mecânicos em grãos e sementes, são resultados de forças externas superiores à resistência destes, que resultam em rupturas celulares por força de cisalhamento ou combinação de várias forças. As injúrias podem ser dificilmente diagnosticadas e ou quantificadas, devido principalmente ao comportamento visco elástico dos grãos e sementes. Além disso, segundo os mesmos autores, as injúrias mecânicas apresentam efeitos cumulativos, ou seja, durante o processo de colheita e beneficiamento, os danos causados por impacto anterior somam-se ao de um novo impacto, e com isso, a semente torna-se cada vez mais sensível às injúrias mecânicas.

Bacchi (1962), estudando os efeitos de danos mecânicos em grãos de café, como os que ocorrem durante o beneficiamento mecânico, verificou serem estes a causa indireta da perda de cor dos grãos, sendo que a rapidez e a intensidade com que o fenômeno se manifesta são funções do tipo e grau da danificação mecânica. Além de apresentarem efeitos imediatos sobre sua qualidade, os grãos são expostos à deterioração mais rápida, por conta do aumento da respiração e da lixiviação de eletrólitos, proporcionando um café de pior qualidade.

2.3 Métodos de avaliação da qualidade do café

Danos por secagem e danos mecânicos nos grãos de café são informações primordiais em decisões que envolvam comercialização e utilização de um lote. Nesse sentido, o uso de métodos que propiciem a avaliação da qualidade dos grãos de café durante seu processamento, de forma mais rápida e eficaz vem colaborar com a produção de cafés de qualidade.

Ademais, para que os testes utilizados na avaliação da qualidade de lotes de grãos de café desempenhem sua função de forma adequada, de modo a possibilitar seu emprego em escalas mais amplas, é fundamental que sejam de execução fácil e rápida, além de apresentarem alta correlação com os testes utilizados como análise de rotina em laboratório (MARQUES et al., 2008).

Podendo ser utilizados em diferentes etapas do processo de produção os testes rápidos apresentam grande empregabilidade e são de importância fundamental nos programas de controle de qualidade de sementes e grãos.

Baseados principalmente em propriedades físicas e fisiológicas, os testes rápidos geralmente envolvem processos respiratórios e permeabilidade das membranas (FIGUEIREDO, 2000). Dentre eles, estão listados os seguintes testes, classificados como rápidos: o teste do tetrazólio, da condutividade elétrica, lercafé, entre outros.

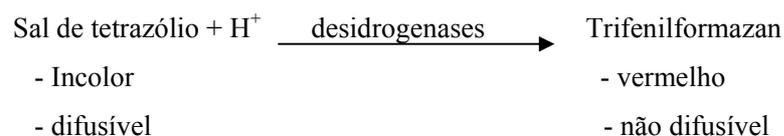
2.4.1 Tetrazólio

Para Delouche (1976) o sucesso do teste de tetrazólio deve-se à avaliação individual de sementes, estimando com grande precisão a qualidade do lote. Contudo, o teste apresenta como grande desvantagem o requerimento de analistas altamente especializados e bem treinados, além de ser demorada

execução. Embora ainda sejam poucas as pesquisas envolvendo a avaliação rápida da viabilidade de sementes de café, algumas metodologias vêm sendo desenvolvidas ou adaptadas para esta finalidade, a exemplo do teste de tetrazólio o qual merece destaque, como o mais estudado (FIGUEIREDO, 2010).

O teste de tetrazólio, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, fornece o diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade, quais sejam: danos mecânicos, deterioração por umidade e danos de percevejo, além desses, os danos de secagem, de estresse hídrico e de geada podem também ser facilmente visualizados pelo teste.

O referido teste baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA, 1983; COPELAND; BRUCE; MIDYETT JUNIOR, 1959) as quais catalisam as reações respiratórias nas mitocôndrias, durante a glicólise e o ciclo de Krebs. Estas enzimas, particularmente a desidrogenase do ácido málico, reduzem o sal de tetrazólio (2, 3,5-trifenil cloreto de tetrazólio ou TCT) nos tecidos vivos. Quando a semente é imersa na solução incolor de TCT, esta é difundida através dos tecidos, ocorrendo nas células vivas a reação de redução que resulta na formação de um composto vermelho, estável e não difusível conhecido por trifênilformazan:



Fonte: Moore (1972)

Quando o TCT é reduzido, formando o trifênilformazan, há indicação de atividade respiratória nas mitocôndrias, significando a existência de viabilidade celular e do tecido. Portanto, a coloração resultante da reação é uma indicação positiva da viabilidade através da detecção da respiração a nível

celular. Tecidos não viáveis não reagem e conseqüentemente não são coloridos. Se o tecido for vigoroso, haverá a formação de um vermelho carmim claro; se o tecido estiver em deterioração, um vermelho mais intenso se evidenciará, em virtude da maior intensidade de difusão da solução de TCT pelas membranas celulares comprometidas de tais tecidos; se o mesmo é inviável, a redução do sal não ocorrerá, e o tecido morto contrastará como branco (não colorido) com o tecido colorido viável. As observações de tais diferenças de cor, juntamente com o conhecimento de diversas características das sementes, permitem a determinação da presença, da localização e da natureza dos distúrbios que podem ocorrer nos tecidos embrionários (MOORE, 1972).

A velocidade de coloração, temperatura e concentração da solução de tetrazólio variam de acordo com a espécie estudada, podendo influenciar no resultado final do teste. A temperatura de 30 °C é indicada na coloração de todas as espécies. No tocante à concentração da solução é indicada a amplitude de 0,1 a 1,0%. Outro fator que deve ser analisado é o tempo de exposição, uma vez que, períodos prolongados desenvolvem coloração intensa, fazendo com que tais sementes sejam descritas como velhas e deterioradas (BRASIL, 2009).

2.4.2 Condutividade elétrica

Existe uma concordância de que a degeneração das membranas celulares e subsequente perda de controle de permeabilidade sejam um dos primeiros eventos que caracterizam a deterioração. Para Amorim (1978), qualquer fator que altere a estrutura da membrana, como ataque de insetos e microrganismos, alterações fisiológicas e danos mecânicos, provoca uma rápida deterioração dos grãos de café. Essas alterações provocam reações químicas que modificam a composição química original do grão de café verde e em consequência as propriedades sensoriais da infusão preparada.

Desta forma, foram desenvolvidos testes para avaliar a qualidade de sementes baseados na perda de integridade das membranas foram desenvolvidos, como o teste da condutividade elétrica que consiste na imersão dos grãos em água e durante o processo de embebição, de acordo com o grau de integridade de suas membranas, lixiviam solutos citoplasmáticos no meio líquido. Os solutos, com propriedades eletrolíticas possuem cargas elétricas que podem ser medidas com condutivímetro (PRETE et al., 1999).

A capacidade de reorganização das membranas na fase inicial do processo de embebição das sementes influencia de modo significativo à quantidade de lixiviados que serão liberados pelas mesmas (BEWLEY; BLACK, 1994). As membranas tornam-se estruturadas quando a semente se encontra com teor de água de, no mínimo, 20% (base úmida), e a capacidade de reorganização das membranas celulares e de reparar certo nível de dano é maior para sementes de maior vigor, em comparação àquelas de menor vigor. Assim, quanto maior o vigor da semente, maior será a capacidade de restabelecer a integridade das membranas celulares durante a embebição e menor quantidade de lixiviados é translocada para o meio externo (MATTHEWS; POWELL, 1981; VIEIRA, 1994).

O principal íon lixiviado, que influência na medida da condutividade elétrica, tem sido reportado como o íon potássio, presente na membrana do grão de café. Assim, quanto maior a injúria sofrida pelo grão, uma maior quantidade de íons potássio são translocados para o meio líquido (VIEIRA, 1994).

De acordo com Powell (1986), o teste de condutividade elétrica tem base teórica consistente e proporciona resultados reproduzíveis, desde que seja dada uma atenção especial aos seguintes fatores: teor de água inicial, uniformidade da amostra e tempo de embebição e temperatura. Assim, uma metodologia simples apresenta vantagens adicionais, além de fornecer resultados rapidamente.

Amorim (1978) observou haver maior lixiviação de íons em grãos dos piores cafês, admitindo que esses sofreram maiores degradações e, conseqüentemente, maiores alterações na membrana celular.

Prete (1992) verificou uma relação inversa entre a qualidade da bebida e a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio de exsudatos de grãos crus. Baseado nessa hipótese, Romero, Romero e Gomes (2003) utilizaram a metodologia para determinação da condutividade elétrica proposta por Prete (1992), para a separação de 18 cultivares de *Coffea arabica* L., chegando à conclusão que seria possível separar esses diferentes genótipos quanto à sua qualidade (bebida) mediante esta análise.

Veiga (2007) observou haver influência na condutividade elétrica dos grãos, o estágio de maturação e a forma de secagem, pois grãos secos em secador e à sombra apresentaram menor condutividade quando colhidos no estágio cereja, já aqueles que não foram submetidos à secagem mecânica não apresentaram diferenças significativas na condutividade elétrica em relação aos estádios dos frutos colhidos.

2.4.3 Lercafê

A partir de testes realizados com hipoclorito de sódio, foi desenvolvido o teste Lercafê que tem como principais vantagens a redução no tempo e no trabalho dispensados na avaliação das sementes de café, possibilitando a avaliação rápida da qualidade das sementes, além de apresentar baixo custo e requerer pouca demanda de mão de obra (ZONTA, 2010).

Esta avaliação rápida é possível uma vez que o hipoclorito de sódio, em determinadas concentrações, reage nas áreas mortas ou lesionadas do endosperma das sementes de cafeeiro, fazendo com que o tecido, nessas condições, assuma coloração esverdeada; se esta coloração ocorrer em uma

grande área do endosperma ou na região sobre e/ou ao redor do embrião, a semente será considerada não germinável (REIS, 2004).

Assim, a exemplo do teste de tetrazólio, acredita-se poder utilizar o teste Lercafé para detectar, por meio dessa coloração, diferentes tipos de injúrias encontradas em sementes de café. Além disso, o teste mostrou-se muito promissor devido ao seu baixo custo, pequena demanda de mão de obra e facilidade na execução e interpretação dos resultados.

2.4.4 Análise sensorial

Na busca por melhorias na qualidade da bebida café, muitos devem ser os aspectos considerados. Para isto, deve-se dispor dos meios adequados de avaliação da qualidade desta bebida, buscando o máximo de informações através de vários caminhos, dentre os quais a análise sensorial.

A norma NBR 12806 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993) define a análise sensorial como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e matérias na maneira como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Na análise sensorial os métodos de avaliação se classificam em:

- a) métodos afetivos: expressam opinião pessoal do julgador ou provador, tais como nos testes de aceitação (teste de escala hedônica que avalia o grau com que os consumidores gostam ou desgostam de um produto) e preferência (teste de ordenação de preferência que avalia a preferência do consumidor de um produto em relação a outro);
- b) métodos discriminativos: estabelecem diferenciação qualitativa e ou quantitativa entre amostras, incluindo os testes de comparação parcelada, triangular, duo-trio, comparação múltipla e ordenação;

- c) métodos descritivos; descrevem qualitativamente as amostras. Neste grupo estão os métodos de perfil de sabor, perfil de textura. ADQ (Análise Descritiva Quantitativa), tempo intensidade e avaliação de atributos por meio de escalas.

Essa avaliação emprega os sentidos, e portanto, faz-se necessária à formação de uma equipe de provadores selecionados pela habilidade em reconhecer e distinguir diferentes aromas, sabores e gostos, além de serem treinados para medir características especificadas do café. Logo, os provadores devem ser treinados a usarem escalas de forma consistente quanto à equipe sensorial, às amostras e durante todo o período de avaliação (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

Para avaliar a intensidade e a qualidade dos atributos característicos das bebidas de café podem ser utilizadas escalas estruturadas, não estruturadas e misturas dessas escalas. Para essas avaliações utilizam-se tanto provadores profissionais (experts) como equipes de provadores treinados (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

A SCA, utiliza escalas estruturadas tanto para quantificar os defeitos na bebida, bem como para determinar as preferências dos atributos. O formulário de degustação fornece possibilidade de avaliação de 11 (onze) importantes atributos para o café: Fragrância/Aroma, Uniformidade, Ausência de Defeitos (Xícara Limpa), Doçura, Sabor, Acidez, Corpo, Finalização, Equilíbrio, Defeitos e Avaliação Global. Resultados altamente positivos decorrem da percepção de um equilibrado conjunto formado pelos atributos sensoriais avaliados.

Os defeitos da bebida implicam em resultados pouco expressivos, decorrentes de interferências desagradáveis no sabor. A Avaliação Global é

baseada na memória sensorial que um degustador possui, sempre tomando por referência cafés de mesma origem e natureza.

Os resultados dessa avaliação sensorial são estabelecidos a partir de uma escala que representa os níveis de qualidade de cada atributo, conforme Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 Escala da qualidade para os atributos do café

Escala de qualidade			
6.00- Bom	7.00- Muito Bom	8.00- Excelente	9.00- Excepcional
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Fonte: Specialty Coffee Association of America - SCAA (2008)

A escala acima, teoricamente, tem como valor mínimo 0 (zero) e o máximo de 10 (dez) pontos para cada atributo. A faixa inferior da escala discrimina cafés com baixa qualidade de bebida com pontuação abaixo de 60 (SCAA, 2008).

2.4.5 Biospeckle laser

Dada a necessidade de técnicas rápidas e eficientes para avaliação de propriedades de materiais biológicos, vêm sendo destacadas as que utilizam métodos não destrutivos e não invasivos, uma vez que preservam o produto analisado. Os testes para análise de vigor e viabilidade de sementes apresentam

o desafio de, em apenas um teste, indicar o desempenho da semente baseando-se nas distintas características avaliadas pelos mesmos (MARCOS FILHO et al., 1999).

Atualmente, tem-se desenvolvido técnicas que utilizam imagem digital e de raio-x. Leon et al. (1986), utilizando técnicas de raios-X, pancromáticas e de infravermelho para avaliar injúrias, concluíram que a técnica de raios-x foi a única capaz de detectar danos mecânicos localizados internamente nas sementes de milho, feijão e soja.

Outra técnica que vem surgindo como forma de avaliação de atividades biológicas se baseia em um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando o laser incide sobre uma superfície onde se desenvolve um processo dinâmico. Esse fenômeno é conhecido como “biospeckle” ou “speckle” dinâmico. O termo *biospeckle* é definido como sendo a figura de interferência formada ao incidir o laser em um processo dinâmico e observar o chamado fenômeno do ferverilhamento (Figura 1). Esse processo dinâmico pode ser uma pintura sendo seca (AMALVY et al., 2001), a transmissão de calor em uma chapa ou a atividade de um organismo vivo (RABAL; BRAGA JÚNIOR, 2008).

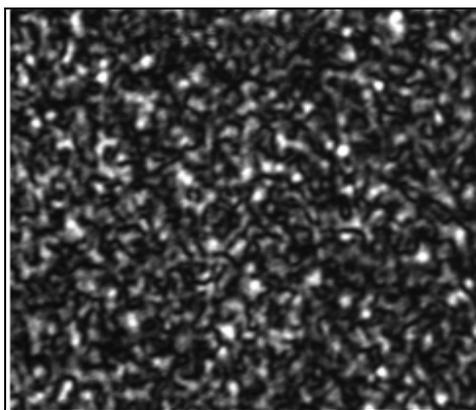


Figura 1 Típico padrão de speckle

A atividade faz com que a luz retorne do material biológico diferentes formando padrões de interferência de acordo com a movimentação de todas as moléculas presentes nesse material. O nível dessa movimentação depende do estágio de maturação, crescimento ou deterioração, bem como da quantidade de água, temperatura e iluminação (BRAGA JÚNIOR, 2000). Na prática, percebe-se um fervilhamento da imagem nos locais onde há maior atividade dos dispersores sob a luz coerente.

Apesar de ainda necessitar de pesquisas em diversas linhas para que confirmem suas potencialidades, o uso do laser em sementes é uma técnica bastante promissora, principalmente no que se refere ao monitoramento da atividade biológica em seu interior (BRAGA JÚNIOR et al., 2003).

Como fonte de informação, o Speckle dinâmico pode ser utilizado de formas distintas, tanto gráficas como numéricas (RABAL; BRAGA JÚNIOR, 2008).

2.4.5.1 Análise gráfica do biospeckle - método de Fujii

O método de Fujii baseia-se no cálculo da visibilidade entre os pixels de imagens gravadas ao longo do tempo. Matematicamente, o procedimento para a construção do mapa de Fujii é descrito por:

$$I(x,y) = \sum_{k=1}^{N-1} \left| \frac{I_{k+1}(x,y) - I_k(x,y)}{I_{k+1}(x,y) + I_k(x,y)} \right| \quad \text{Equação 1}$$

Onde N corresponde ao total de imagens gravadas e $I_k(x,y)$, ao valor de intensidade na posição (x,y) na imagem k. A partir da Equação 1 uma nova imagem é construída. Assim, os pixels de regiões onde não houve alterações de intensidade ao longo do tempo assumem valor nulo na escala de cinza no mapa

final, enquanto zonas em que os pixels sofreram grandes alterações assumem valores próximos de 256 na escala de cinza. Dessa maneira, a imagem resultante apresenta pontos claros nas zonas de grande atividade e pontos escuros naquelas de baixa atividade.

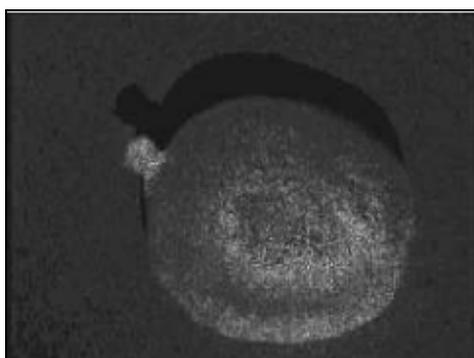


Figura 2 Resultado do Fujji em grãos de café
Fonte: Adaptado de Santos (2003)

2.4.5.2 Análise numérica - momento de Inércia

A análise numérica pode ser implementada por alguns diferentes métodos, entre eles o Momento de Inércia, proveniente da História Temporal do Padrão de Speckle (THSP) também conhecido como *Spatial Temporal Speckle* (OULAMARA; TRIBILLON; DUVERNOY, 1989). O *Spatial Temporal Speckle* (STS) constitui-se de uma manipulação das diversas imagens obtidas da superfície do objeto iluminado pelo laser. De cada imagem conseguida, retira-se apenas uma linha que estará ao lado da linha da imagem seguinte. O resultado desse conjunto de linhas é chamado então de STS, uma vez que ele representa o comportamento de uma linha da área iluminada nas imagens conseguidas durante o tempo de exposição. Essa é uma forma de se avaliar o nível de atividade do objeto iluminado, pois se o resultado apresentar uma figura completamente distorcida é sinal de que o movimento está intenso. Por outro

lado, se a figura for composta por linhas bem definidas, significa que não está ocorrendo mudança na formação do *speckle* de uma imagem para outra, repetindo sempre o nível de cinza de antes. A Figura 3 ilustra essas diferenças.

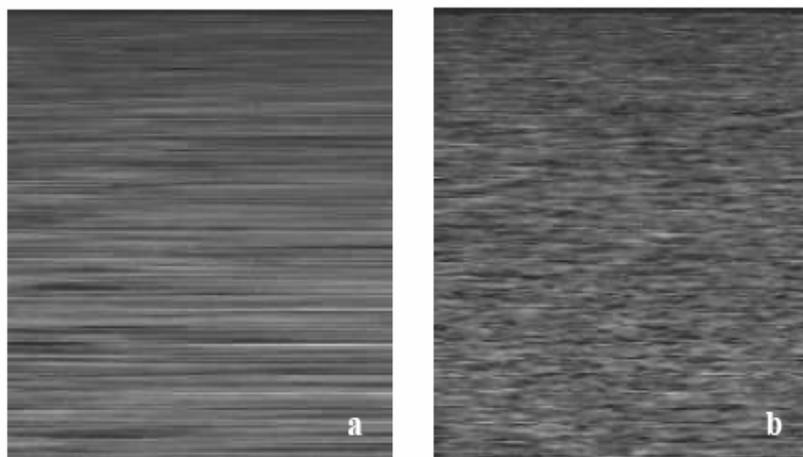


Figura 3 Resultados STS (a) superfície estática, (b) processo dinâmico.

Considerando que o STS carrega informações da atividade do material sob estudo, cada tipo de material apresenta um STS diferente (RABELO, 2000). Isto pode ser observado por meio de inspeção visual, porém valores numéricos são necessários para efeito de comparação. Assim, faz-se necessário transformar o STS em um número ou índice de quantificação, o que permite diferenciar os objetos que apresentam níveis de atividade distintos.

A medição destes níveis de atividade é importante, já que se aplica um sistema de medição no qual o julgamento deixa de ser subjetivo e visual e passa a ser representado por valores numéricos, os quais podem ser utilizados como ferramentas de metrologia e análise.

Um resultado da análise do STS é o Momento de Inércia que, permite apresentar uma interpretação quantitativa para o STS, baseado nas ocorrências de valores de intensidade sucessivos dos *pixels* que compõem o STS. Este

método forma uma matriz com as ocorrências de intensidade sucessivas e que é denominada matriz de ocorrências (MOC), definida assim pela Equação 2:

$$MOC = |N_{ij}| \quad \text{Equação 2}$$

Nessa equação, N_{ij} representa uma lógica que identifica quantas vezes ocorreu a intensidade i , seguida da intensidade j , e em uma matriz de 256×256 (em que de 0 a 255 tem-se a faixa de intensidades codificadas em segundo 8 bits) faz-se o cômputo de todas as ocorrências. Uma vez montada a MOC, observa-se que a diagonal principal está relacionada às intensidades que não variaram no tempo, enquanto fora desta aparecem as ocorrências que caracterizam uma mudança no tempo. Dessa forma, quanto mais afastada da diagonal principal estiver a ocorrência, maior a mudança na intensidade do pixel i para o pixel j . Assim, com a Matriz de Ocorrência é possível analisar o nível de alteração do speckle observado no tempo. Essa observação pode ser facilitada com a representação gráfica das ocorrências como pode ser constatado na Figura 4.

O momento de inércia (MI), segundo Arizaga, Cap e Rabal (1999), mostrado por Rabal et al. (2005), é à medida que indica com que frequência ocorre mudanças bruscas de intensidade na matriz STS e, geralmente, é utilizada para caracterizar os padrões de speckle. Esta medida exhibe altos valores quando a amostra apresentar alta atividade e baixos valores em situação contrária.

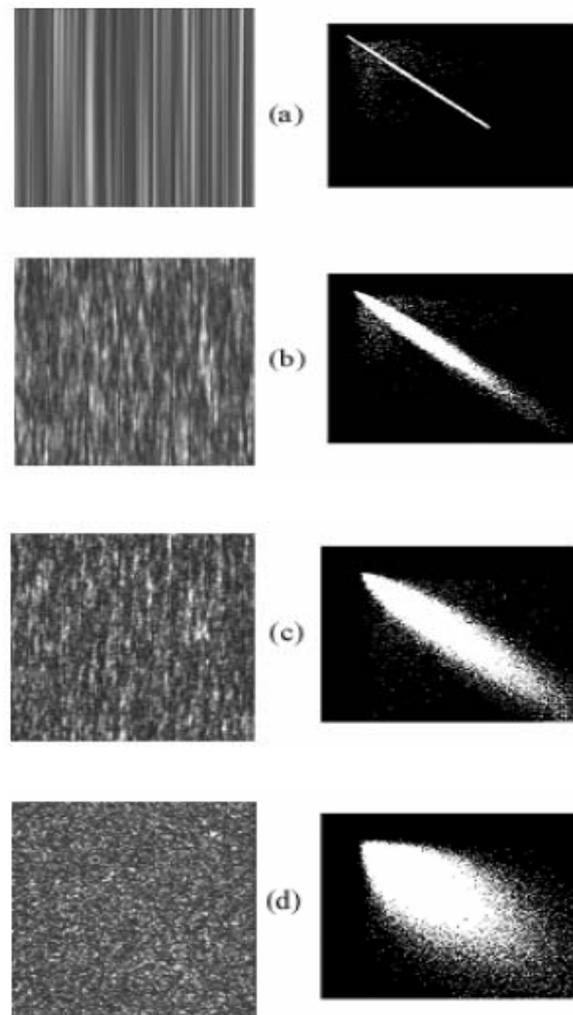


Figura 4 STS e respectivas matrizes de co-ocorrências
Fonte: Adaptado de Santos (2003)

Quadro 2 Momentos de intensidades (MI) das Matrizes de Co-Ocorrências da Figura 4

Matriz	MI (adimensional)
(a)	5,3
(b)	11,8
(c)	65,4
(d)	325,7

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e no CEDIA (Centro de Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária da Universidade Federal de Lavras).

3.1 Processamento do café

Foram utilizados frutos de café, cultivar Topázio. A colheita manual por derriça completa no pano foi realizada no final de junho de 2010 no setor de cafeicultura da UFLA, localizada no município de Lavras- MG.

Depois de lavados e separados por diferença de massa específica, os frutos foram selecionados manualmente segundo seu estágio de maturação resultando em dois lotes (1: frutos maduros, 2: frutos imaturos). Os frutos maduros foram descascados no descascador mecânico com ausência de pesos, já no descascamento dos frutos imaturos utilizou-se o máximo de peso a fim de que fosse possível maior eficiência durante a operação.

3.2 Secagem

Os lotes de cafés descascados foram levados ao terreiro de asfalto para pré- secagem, onde permaceram por dois dias. Durante o tempo em que o café permaneceu no terreiro, foram realizados revolvimentos de meia em meia hora, por cerca de 8 a 10 vezes por dia, distribuindo- o em camadas de 2 a 3 cm de espessura, a fim de obter uniformidade na secagem e evitar fermentações que prejudicassem sua qualidade.

A secagem mecânica foi conduzida em três secadores de camada fixa, cada um composto por seis bandejas removíveis com fundo telado, para permitir

a passagem do ar por entre a massa do produto. Em cada bandeja foram colocados cinco litros de café descascado.

Utilizou-se para a secagem mecânica as seguintes temperaturas: 35°, 40° e 45°C. A velocidade média do ar foi medida por meio de um anemômetro de pás, na entrada da câmara de secagem. O fluxo de ar foi regulado para $20\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Durante a secagem foram monitoradas de hora em hora, as temperaturas na massa de grãos de cafés, por um termômetro colocado no centro da bandeja, em cada divisão da câmara de secagem. Com o objetivo de garantir uniformidade na secagem entre as bandejas, foi realizado um rodízio das amostras a cada hora, e o revolvimento dos grãos a cada meia hora.

Durante o processo de secagem, foram realizadas amostragens de duas em duas horas, amostras as quais foram beneficiadas manualmente e submetidas aos testes Lercafé e Biospeckle laser. O acompanhamento da redução do teor de água com o decorrer do tempo de secagem foi realizada pelo método gravimétrico (equação 3 e 4). Para este monitoramento foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,01g.

$$Mf = Mi - \left(\frac{Mi \times PQ}{100} \right) \quad \text{Equação 3}$$

$$PQ = \left[\frac{(Ui - Uf)}{(100 - Uf)} \right] \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

Mf: massa final (kg);

Mi: massa inicial (kg);

PQ: porcentagem de quebra (%);

Ui: teor de água inicial (% b.u.);

Uf: teor de água final (% b.u.).

Ressalta-se que a secagem não foi contínua, sendo interrompida no período noturno e reiniciada pela manhã, para que ocorresse redistribuição da água livre dos grãos de café e, conseqüentemente, uniformização do seu conteúdo.

Os lotes foram secados até o teor de água de 11% b.u. Para determinação do teor de água dos grãos foi usado o método da estufa, 105 ± 3 °C, durante 16 horas, em três repetições (ISO, 2009).

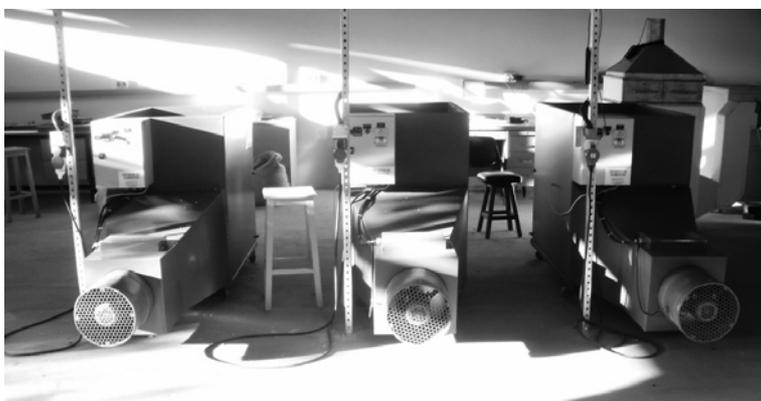


Figura 5 Visão frontal dos secadores utilizados no experimento

3.3 Beneficiamento

As amostras dos lotes 1 e 2, subtraídas durante o processo de secagem, tiveram seu pergaminho retirado manualmente, visto que se desejava-se avaliar apenas danos ocasionados pela temperatura de secagem. Após a secagem os lotes 1 e 2 foram subdivididos. Parte dos lotes teve seu pergaminho retirado manualmente, e a outra parte mecanicamente. Na figura 6 é apresentado o fluxograma do experimento.

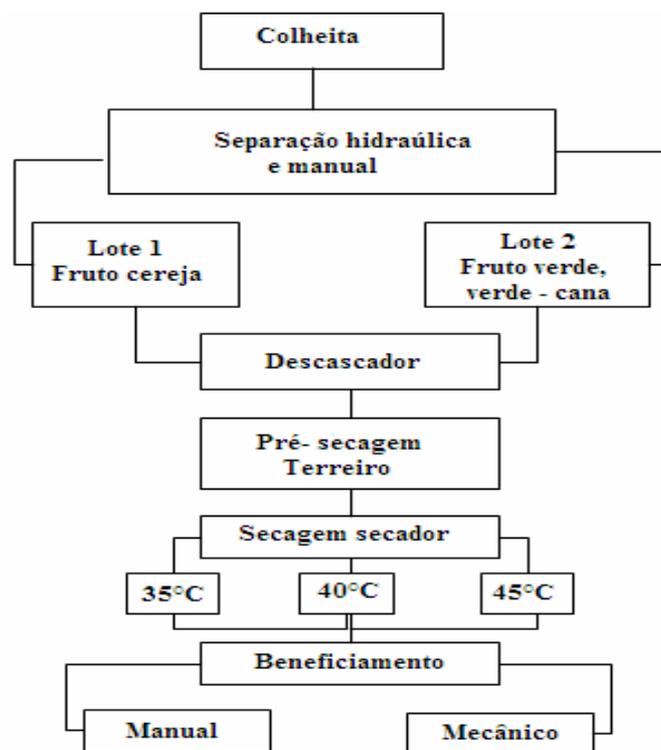


Figura 6 Fluxograma do processamento, secagem e beneficiamento do café cereja e verde, verde-cana

3.4 Armazenamento

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e em sacos plásticos e, posteriormente, armazenadas em câmara fria a temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$, a fim de manter as características do produto até a realização de suas análises.

3.5 Caracterização da qualidade do café

3.5.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos grãos crus foi determinada adaptando-se a metodologia recomendada por Kryzyanowski, França Neto e Henning (1991). Foram utilizados 50 grãos sem defeitos visíveis classificados em peneira 16, os quais foram pesados com precisão de 0,001g e imersos em 75 ml de água destilada no interior de copos plásticos de 180 ml de capacidade. A seguir, esses recipientes foram colocados em BOD regulada para 25°C, por 5 horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da solução. Com os dados obtidos, foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em $\mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de amostra.

$$CE = \frac{\text{Valor lido} \left(\frac{\mu\text{s}}{\text{cm}} \right)}{\text{Peso} (g)}$$

Equação 5

3.5.2 Lercafé

3.5.2.1 Preparo da solução

As soluções utilizadas no experimento foram preparadas a partir da diluição em água destilada da solução de hipoclorito de sódio (NaClO) com concentração inicial de 10,5 %.

3.5.2.2 Exposição dos grãos ao NaClO

De acordo com Reis (2004), três repetições de 25 grãos de cada parcela foram submersos em 100 ml de hipoclorito de sódio a 2,5% por três horas e a 5 % por uma hora. Para garantir o contato dos grãos com a solução, utilizou-se telado plástico próprio das caixas gerbox, evitando assim que as mesmas flutuassem.

Em seguida, as gerbox foram tampadas e mantidas em câmara do tipo BOD, sob temperatura constante de 25°C, durante os períodos pré determinados.

Após esse período, os grãos foram lavados para retirada do excesso do produto, e imersos em água destilada por 40 minutos.

3.5.2.3 Avaliação dos resultados

Após a exposição ao NaClO os grãos foram dispostos sobre bancada para contagem, caracterização e avaliação dos aspectos visuais dos grãos.

A avaliação visual foi realizada de acordo com a coloração do endosperma e dividida nas seguintes notas:

- 0- sem dano,
- 1- com até 10% de dano,
- 2- de 10 a 40% danificado,
- 3- Com danos acima de 40%.

Os dados obtidos foram analisados a partir do cálculo do índice de ocorrência (Equação 6).

$$IO \% = \frac{\sum(Po * N)}{(Pot * N. Máx)}$$

Equação 6

Em que:

IO%: Índice de ocorrência,

Po: Número de grãos danificados

N: Nota,

Pot: Número total de grãos,

N. Máx: Nota máxima,

Fonte: Borém et al. (2001)

3.5.3 Tetrazólio

Três repetições de 50 grãos inteiros de cada tratamento foram embalados em papel de germinação umedecido e mantidos nestas condições por 16 horas, na temperatura de 25 °C. Para evitar a perda de umidade, as embalagens permaneceram em sacos plásticos.

Após o pré-condicionamento, os grãos foram colocados em copinhos de plástico, sendo totalmente submersos na solução de tetrazólio (0,5%). Os grãos permaneceram assim a uma temperatura de 50 °C por aproximadamente 150 a 180 minutos. Esta temperatura foi obtida utilizando-se uma estufa.

A concentração do sal de tetrazólio para avaliação de grãos inteiros foi determinada através de testes, nos quais se utilizou as concentrações de 0,075%, 0,25%, 0,5% e 1%. Desta forma a concentração de 0,5% da solução de tetrazólio permitiu uma coloração mais nítida dos endospermas dos grãos de café quando comparadas às demais concentrações, o que facilitou a análise visual. Alcançada a coloração ideal, os grãos foram retirados do ambiente a 50°C e, em seguida, lavados com água comum, e mantidos submersos em água até o momento da avaliação.

A avaliação visual foi realizada de acordo com a coloração do endosperma e o índice de ocorrência de danos calculado de acordo com a equação 6.

3.5.4 Biospeckle laser

Para a realização do experimento foi utilizado um laser He-Ne, de 632nm, passando por um expensor de feixe que ilumina o lado externo do endosperma dos grãos de café e o speckle formado é capturado por um sistema de aquisição digital de imagem composto de uma câmara CCD (charge coupled device), um processador de imagens, um microcomputador e software para tratamento de imagem, como mostra a Figura 7.

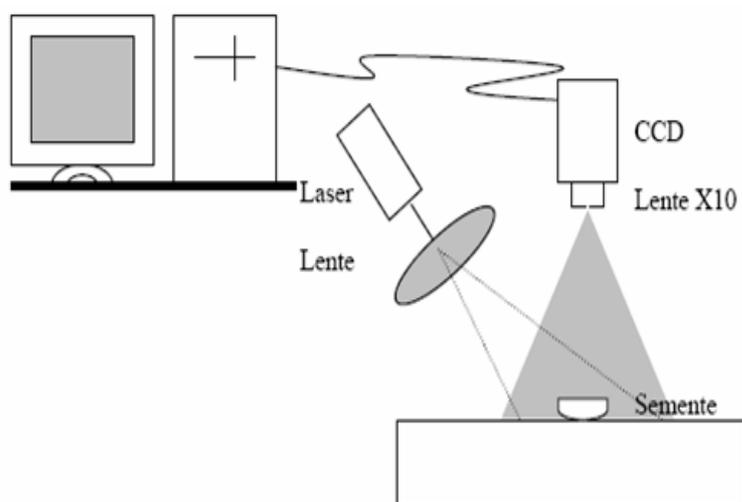


Figura 7 Esquema básico da iluminação dos grãos

Para aumentar a atividade biológica a ser analisada pelo biospeckle, os grãos foram embebidos em água por 16 horas, cada amostra contendo três

repetições, com posterior secagem por uma hora em condição ambiente, a fim de evitar o efeito da evaporação da água.

1º Experimento - Análise da atividade biológica dos grãos durante o processo de secagem

Para que fosse possível a identificação apenas de danos térmicos nos grãos, estes tiveram seu pergaminho retirado manualmente para a sua iluminação.

O processamento das imagens obtidas foi baseado na técnica de Momento de Inércia proposto por Arizaga et al. (1999) e utilizado por outros autores como Braga Júnior (2000).

2º Experimento- avaliação final dos grãos

Os grãos tiveram uma parcela de seu pergaminho retirado manualmente e outra parcela beneficiada mecanicamente para sua iluminação. Os mesmos também foram submetidos a re-hidratação por 16 horas.

O processamento das imagens obtidas foi baseado na técnica de Momento de Inércia proposto por Arigaza et al. (1999) e utilizado por outros autores como Braga Júnior (2000) e, também no método de Fujji.

3º Experimento - avaliação dos grãos que apresentam diferentes qualidades de bebida

Foi realizada uma calibração da análise sensorial com os seguintes tipos de bebida: mole, dura, rio e fermentada. As amostras utilizadas para a calibração não são as mesmas utilizadas para análise desse experimento.

O processamento das imagens obtidas foi baseado na técnica de Momento de Inércia proposto por Arizaga et al. (1999) e utilizado por outros autores como Braga Júnior (2000).

3.5.5 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada em duplicata, por Juiz Certificado pela SCAA. Foi utilizado o protocolo de análise sensorial da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), de acordo com a metodologia proposta por Lingle (1986), para avaliação sensorial de cafés especiais, com atribuição de notas para fragrância/ aroma, uniformidade, xícara limpa, doçura, acidez, corpo, sabor, sabor residual, balanço e impressão global. Usou-se torra moderadamente leve, com coloração correspondente a 58 pontos da escala Agtron, para o grão inteiro, e 63 pontos para o grão moído, com tolerância de ± 1 ponto.

A torra das amostras foi realizada com 100g de grãos peneira 16, monitorando-se a temperatura para que o tempo de torração não fosse inferior a

8 minutos ou superior a 12 minutos. Todas as amostras foram torradas com antecedência mínima de 12 horas à degustação.

O resultado final da avaliação sensorial foi obtido de acordo com a escala de pontuação da SCAA, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 Escala de classificação, baseada na nota final da análise sensorial, segundo protocolo da SCAA

Pontuação total	Descrição especial	Classificação
95-100	Exemplar	Especialidade <i>Super Premium</i>
94-90	Excepcional	Especialidade <i>Premium</i>
85-89	Excelente	Especialidade
84-80	Muito Bom	Especial
75-79	Bom	Qualidade Boa- Normal
74-70	Fraco	Qualidade Média

Para cada amostra foram degustadas cinco xícaras de café representativas de cada amostra, realizando-se duas sessões de análise sensorial para cada repetição, totalizando seis repetições por tratamento. Os resultados finais da avaliação sensorial foram constituídos pela soma de todos os atributos.

3.5.6 Delineamento estatístico

O experimento foi conduzido segundo esquema fatorial 2x3x2 sendo: dois estádios de maturação, (Lote 1: Maduro e Lote 2: Imaturo) , três temperaturas de secagem (35°, 40° e 45°C) e dois tipos de beneficiamento,(manual e mecânico) no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa computacional Sisvar 4.0, segundo Ferreira (2000) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de significância de 5% e Tukey, ao nível de significância de 5%. Em relação à análise sensorial, o teste de Tukey proposto foi realizado comparando as interações entre os métodos de secagem e processamento para cada atributo avaliado. Como as características sensoriais dos cafês são definidas por mínimas diferenças, decidiu-se por analisar as médias a um nível de significâncias de 1%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios da temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem do café. Observa-se que apesar das variações naturais das condições ambiente, as operações de secagem foram uniformes, uma vez que o monitoramento foi constante, eliminando-se, assim, riscos de deterioração com respiração, oxidação, fermentações e desenvolvimento de fungos e bactérias. Os teores de água inicial e final do café secado com ar aquecido 35 °C, 40 °C e 45 °C, para café maduro e imaturo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 Características do ar ambiente no período de secagem

Horários de medição (horas)	Temperatura do ar ambiente (C°)	Umidade Relativa (%)
08:00	17,9	88,8
18:00	23,1	66

Tabela 2 Valores médios das condições do café para os tratamentos de secagem, após a pré- secagem em terreiro

Café	T (°C) da massa	Teor de água (%)b.u		Tempo Total de secagem (h)
		Início	Final	
Maduro	35	36	11,65	32
Imaturo	35	32	11,4	30
Maduro	40	36	11,52	28
Imaturo	40	32	11,27	26
Maduro	45	36	11,15	24
Imaturo	45	32	11,02	22

Observa-se na Tabela 2 que os valores médios dos teores de água, indicam que os grãos de café foram secados em condições uniformes, evitando que variações no teor final de água interferissem no fenômeno estudado.

Segundo Borém et al. (2006a) e Ribeiro et al. (2003) o tempo de exposição, a temperatura e o fluxo do ar de secagem, o teor de água inicial e final do produto, a temperatura do ar ambiente, além da umidade relativa são fatores que afetam a dinâmica de secagem, e têm efeito significativo sobre a qualidade dos produtos agrícolas. Nota-se na Tabela 2, que o menor tempo de secagem ocorreu no tratamento de secagem a 45 °C quando comparado com os outros tratamentos.

Independentemente do tratamento de secagem utilizado, os menores tempos de secagem ocorreram nos frutos imaturos descascados, devido ao menor teor inicial de água nesse tratamento. Além disso, o fato dos frutos imaturos não apresentarem suas membranas celulares totalmente organizadas e possuir baixos teores de açúcares e outros compostos hidrofílicos, pode ter favorecido à sua secagem mais rápida (HEYDECKER, 1974; TEIXEIRA; GÓMEZ, 1970).

4.1 Análise sensorial

Cada tipo de café tem atributos especiais, cuja combinação resulta numa composição balanceada de acidez, doçura, corpo e aroma (EPAMIG, 2000). Esses atributos de qualidade são desenvolvidos durante a maturação dos frutos de café, permitindo obter bebidas com aroma, acidez, amargor, corpo e bebida global de qualidade superior (PUERTA-QUINTERO, 2000).

Na avaliação de cafés de qualidade, além da nota global da bebida, são importantes as pontuações obtidas em cada um dos atributos que compõem a qualidade global do café, tendo em vista a identificação de características

sensoriais distintas entre diferentes amostras e, ao mesmo tempo, a descrição de notas ou nuances específicas de fragrância e sabor encontradas em uma determinada amostra (FIGUEIREDO, 2010).

Considerando esse tipo de avaliação, a análise de variância dos dados foi feita para cada um dos atributos, bem como para a nota global. As notas médias dos atributos acidez, corpo e finalização são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios das notas dos atributos acidez, corpo e finalização para cada tratamento de secagem e estágio de maturação – Lavras – 2010

Tratamento de secagem	Acidez	Corpo	Finalização
35°C	6,91 A	7,12 A	6,72 A
40°C	6,80 A	7,02 A	6,75 A
45°C	7,04 A	6,95 A	6,90 A
Maturação	Acidez	Corpo	Finalização
Fruto imaturo	6,71 A	6,81 A	6,64 A
Fruto maduro	7,14 B	7,26 B	6,95 A

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade

Observa-se na Tabela 3 que não houve diferenças significativas nos atributos acidez, corpo e finalização entre as temperaturas de secagem. Nota-se, no entanto, diferenças significativas em relação ao estágio de maturação. Os frutos imaturos apresentaram menores valores de acidez, corpo e finalização, quando comparados com os frutos maduros, indicando melhor qualidade sensorial desses cafés. Isso pode estar relacionado com possíveis alterações nas estruturas celulares dos grãos de café e com a sensibilidade à oxidação, a qual é maior quando o fruto está imaturo ao invés de maduro, já que o mecanismo de defesa contra a oxidação é mais eficiente na fase final da maturação. Os menores valores do atributo corpo nos frutos imaturos podem ser associados à menor

concentração de sólidos dissolvidos na bebida, obtidos a partir de frutos com menores teores de celulose e hemicelulose, óleos, proteínas e outros compostos (LINGLE, 1986).

Tabela 4 Valores médios das notas de equilíbrio e nota global para cada tratamento de secagem e estágio de maturação – Lavras - 2010

Tratamento de secagem	Equilíbrio	Nota Global
35°C	6,95 A	80,04 A
40°C	6,88 A	78,00 A
45°C	7,00 A	79,16 A
Maturação	Equilíbrio	Nota Global
Fruto imaturo	6,85 A	78,13 A
Fruto maduro	7,04 A	79,75 A

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade

Encontra-se na Tabela 4, os valores de equilíbrio e nota global. Observa-se que não houveram diferenças significativas entre os tratamentos utilizados. Todavia é interessante ressaltar que o resultado da qualidade global da bebida não corresponde à média dos resultados dos demais atributos avaliados, ou seja, amostras com a mesma nota final podem diferir entre si na descrição de um ou mais atributos e, portanto, serem sensorialmente distintas entre si.

Esperava-se que os grãos secados à temperatura de 45°C e no estágio imaturo apresentassem menor nota global, pois a temperatura do ar de secagem é o parâmetro de maior flexibilidade num sistema de secagem em altas temperaturas, influenciando, dessa forma, significativamente na taxa e na eficiência de secagem, bem como na qualidade final do produto, resultando, em geral, em danos físicos, descoloração, quebras, trincas e baixa qualidade da bebida (AFONSO JÚNIOR, 2001; RIBEIRO et al., 2003). Entretanto, as

operações de pós-colheita minimizaram a perda da qualidade, pois além dos cuidados com a secagem, os frutos imaturos foram descascados e segundo Borém et al. (2004) o descascamento do café verde é uma alternativa para melhorar sua qualidade, como pode-se observar nos valores de equilíbrio e nota global da Tabela 4.

No entanto, as amostras dos frutos imaturos e maduros distinguiram sensorialmente entre si nos atributos acidez e corpo.

4.2 Condutividade elétrica

Na Tabela 5 encontram-se os valores de condutividade elétrica para os tratamentos de secagem e beneficiamento .

Tabela 5 Valores médios de Condutividade elétrica para o efeito de interação Temperatura x Beneficiamento

Temperatura	Beneficiamento		
	Manual	Mecânico	
35°C	22.45 a	126.01 a	74,33 a
40°C	22.65 a	127.40 a	74,93 a
45°C	23.01 a	156.04 b	89,42 b
	22,70 a	136,48 b	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Como observado por outros autores (MARQUES et al., 2006; RIBEIRO et al., 2003), as quantidades de íons lixiviados têm ocorrido, principalmente, devido às altas temperaturas de secagem, interferindo na integridade das membranas celulares, fato também observado com a condutividade elétrica. Vários trabalhos evidenciam a existência da relação entre a desorganização das

membranas celulares e a perda de constituintes dos grãos, com o aumento da quantidade de exsudados determinados na água de embebição (MARCOS FILHO et al., 1990; MARQUES et al., 2008; PRETE, 1992).

Observa-se também que os menores valores de condutividade elétrica foram para o café beneficiado manualmente, evidenciando que este tipo de beneficiamento é responsável pela manutenção das membranas e qualidade dos produtos. Pode-se notar, que os danos ocasionados pela alta temperatura de secagem foram evidenciados naqueles grãos que tiveram seu pergaminho retirado mecanicamente.

Tabela 6 Valores médios de condutividade elétrica para o estágio de maturação dos grãos

Estádio de Maturação	Médias ($\mu\text{s cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)
Fruto maduro	75,26 a
Fruto imaturo	83,93 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Enquanto que os frutos imaturos apresentaram maior quantidade de injúrias, acredita-se que este fato seja devido à desorganização e à desestruturação das membranas celulares. A desestruturação das membranas permite que os componentes químicos, entrem em contato com enzimas hidrolíticas e oxidativas, afetando as características sensoriais da bebida, como se pode observar na Tabela 4.

4.3 Tetrazólio

O teste, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, fornece o diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade, como apresentado na Figura 8.

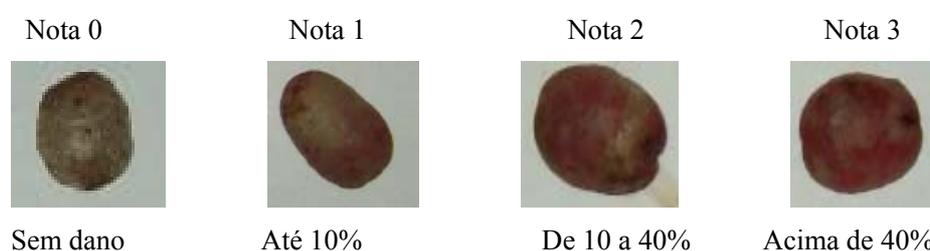


Figura 8 Grãos de Café classificados de acordo com os danos ocasionados pela secagem

O teste de tetrazólio baseia-se na alteração da coloração dos tecidos vivos em presença de uma solução de tetrazólio. Nesse trabalho utilizaram-se grãos inteiros para avaliação dos danos causados pelo processo de secagem, sendo adotado, para sua avaliação, o critério de formação de coloração vermelho mais intenso, o qual está associado à maior intensidade de difusão da solução TCT indicando membranas celulares comprometidas (MOORE, 1985).

Tabela 7 Valores médios do teste de tetrazólio para os tratamento de secagem, beneficiamento e estágio de maturação – Lavras - 2010

Tratamento de secagem	Médias Io (%)
35°C	0,52 a
40°C	0,49 a
45°C	0,50 a
Beneficiamento	
Manual	0,43 a
Mecânico	0,59 b
Estádio de Maturação	
Fruto maduro	0,49 a
Fruto imaturo	0,51 a

Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Observa-se na Tabela 7 que houve diferenças significativas entre os tipos de beneficiamento, enquanto o tratamento de secagem e o estágio de maturação não interferiram nos resultados. Como constatado anteriormente o beneficiamento mecânico resultou em maior ocorrência de danos, quando comparado com o beneficiamento manual. A remoção do pergaminho manualmente não causa abrasões ou impactos no endosperma dos grãos e nem rompe estruturas internas.

Comparando-se esses resultados com os obtidos com o teste de Condutividade elétrica, observa-se que o tetrazólio não foi capaz de diferenciar precocemente os danos causados pela secagem, como ocorreu no teste de condutividade elétrica. Entretanto mostrou-se eficiente para a distinção imediata de danificações mais severas como aquelas causadas por impactos ou abrasões.

Considerando a metodologia utilizada nesse trabalho e os resultados da condutividade elétrica, os grãos secos com ar aquecido a 35°C apresentaram maior quantidade de tecidos em deterioração. Este fato é geralmente observado quando a temperatura utilizada para o pré-condicionamento dos grãos para o teste do tetrazólio não é adequada, uma vez que não permitiu a absorção necessária de água para a estimulação da atividade enzimática do processo respiratório dos grãos. Tal limitação pode ser superada utilizando-se temperaturas mais elevadas durante o pré-condicionamento pois, segundo Costa et al. (1998) temperaturas mais elevadas aceleram a velocidade de embebição dos grãos. Alguns trabalhos têm indicado que temperaturas superiores a 30°C no pré-condicionamento dos grãos, podem determinar uma maior intensidade de absorção de água por grãos e sementes.

A eficiência do teste em avaliar a qualidade dos grãos e sementes está relacionada ao desenvolvimento de metodologias adequadas para cada espécie de modo a definir as condições mais apropriadas para o preparo, pré-condicionamento e coloração das sementes. Sendo a temperatura e o período de pré-condicionamento fatores essenciais para obtenção de coloração uniforme no teste tetrazólio (OLIVEIRA; PEREZ JÚNIOR; SILVA, 2005).

Costa e Marcos Filho (1994) analisando sementes de soja da cultivar BR-4, concluiu que as amostras pré-condicionadas durante 4h e 6h, tanto a 42°C como a 35°C, apresentaram comportamentos estatisticamente diferentes da testemunha, já que notaram-se que apenas os tratamentos 8h/42°C, 10h/42°C e 10h/35°C apresentaram resultados comparáveis à testemunha.

Vasquez e Morillo (1964) trabalharam com o sal de tetrazólio em café, empregando vários métodos de preparo das sementes, utilizando sementes inteiras com e sem pergaminho, sementes com protusão da radícula e fração da semente com exposição do embrião. Constataram que as sementes inteiras, com pergaminho, não apresentaram reação positiva de coloração e naquelas em que

houve um contato direto da solução do sal com o embrião ocorreu reação positiva de coloração, variando da tonalidade rosa claro até roxa. Mondonedo (1970) sugeriu que a semente fosse seccionada longitudinalmente, ao longo do embrião, para que melhores resultados fossem obtidos.

Avaliando e comparando os resultados obtidos pelo teste de Tetrazólio e de Condutividade Elétrica, sugere-se que mais estudos sejam realizados na utilização de grãos inteiros no Teste Tetrazólio, para que esse possa ser futuramente um teste rápido, viável e eficaz, sendo acessível para produtores e cooperativas, haja vista, atualmente, sua realização por apenas laboratórios e pessoas especializadas. Enquanto que o teste Condutividade elétrica é eficiente e mais fácil de ser executado, porém não é um teste rápido para o controle dos processos pós- colheita.

4.4 Lercafé

1º Experimento - avaliação da qualidade dos grãos durante a operação de secagem

Após o procedimento do teste com hipoclorito de sódio, em ambas as metodologias, os grãos foram dispostos sobre uma bancada para avaliação visual. A partir das diferentes características visuais, classificou-se como dano por secagem à alta temperatura grãos de café com manchas esverdeadas espalhadas, que atingiram parcial ou totalmente o endosperma, conforme critérios descritos na Figura 9.

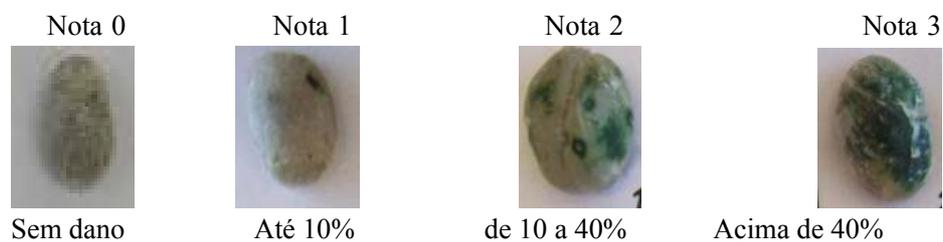


Figura 9 Critérios adotados para grãos, cujo pergaminho foi retirado manualmente

Observam-se nos Gráficos 1, 2 e 3 os resultados do Teste Lercafê durante a operação de secagem.

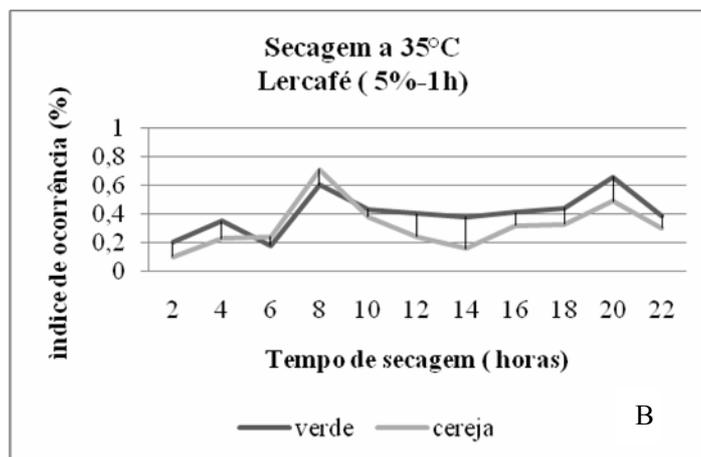
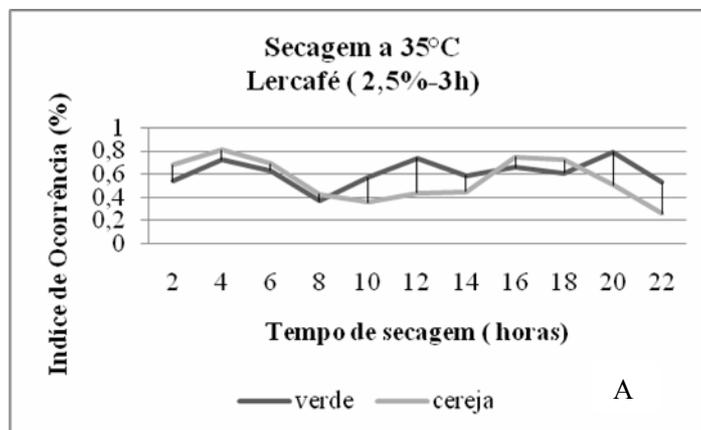


Gráfico 1 A – Resultado do Lercafê (2,5%- 1h) durante o processo de secagem,
B- Resultado do Lercafê (5%- 1h) durante o processo de secagem.
Grãos secos com ar aquecido a 35°C

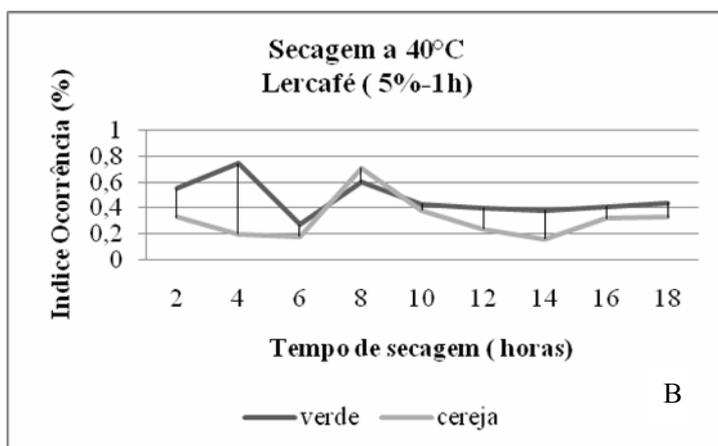
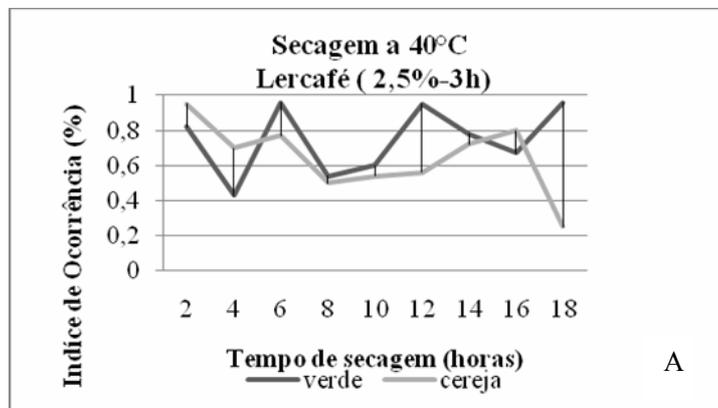


Gráfico 2 A – Resultado do Lercafê (2,5%- 1h) durante o processo de secagem,
B- Resultado do Lercafê (5%- 1h) durante o processo de secagem.
Grãos secos com ar aquecido a 40°C

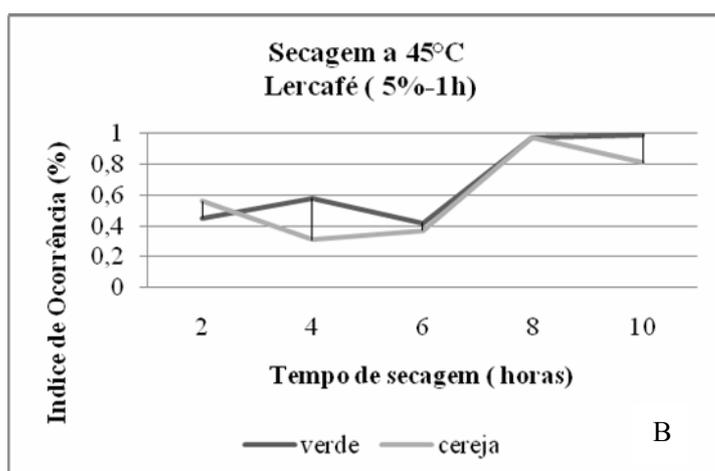
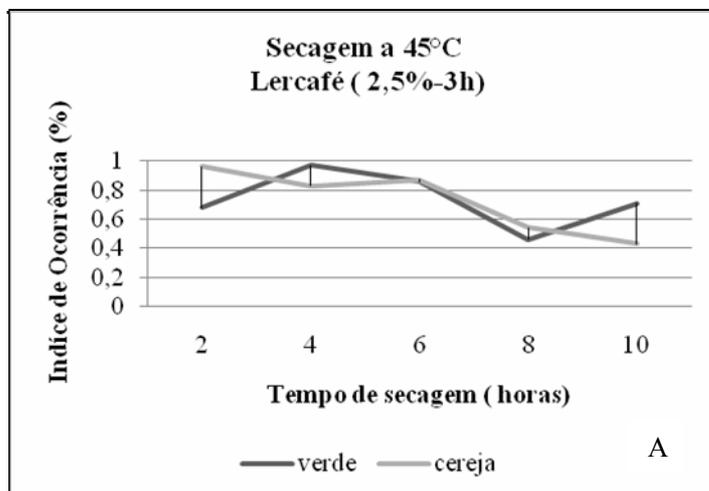


Gráfico 3 A – Resultado do Lercafê (2,5%- 1h) durante o processo de secagem,
B- Resultado do Lercafê (5%- 1h) durante o processo de secagem.
Grãos secos com ar aquecido a 45°C

De acordo com Zonta et al. (2010), a intensidade na qual a mancha escura aparece no endosperma da semente depende da temperatura e do tempo de exposição a esta, sendo que à temperatura de 40°C, sementes secadas até 33 e

23% de teor de água, há uma maior percentagem de sementes pertencentes às notas 2 e 3 e para as sementes secas até 13% de teor de água uma maior percentagem de sementes de nota 4. Já para a temperatura de secagem de 60°C, houve uma maior percentagem de sementes de nota 2 para sementes secas até 33% de teor de água e de nota 4 para sementes secadas até 23 e 13% de teor de água.

Nos Gráfico 1, 2 e 3, pode-se observar que independentemente da temperatura do ar aquecido, os resultados obtidos pelo Teste Lercafê em ambas as concentrações de hipoclorito de sódio variaram muito, impossibilitando uma conclusão dos resultados. Segundo Zonta et al. (2010), os tratamentos a 2,5% de cloro ativo, a 35 °C, por três horas e 3,5% de cloro ativo, a 30 °C, por duas horas, são eficientes para estimar a germinação de sementes de café com diferentes teores de água.

Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia mais adequada, de modo a definir as condições mais apropriadas de concentração da solução de hipoclorito de sódio, do tempo de embebição e da temperatura, para que o teste seja eficiente na avaliação de danos ocorridos durante o processo de secagem do café.

2º Experimento - avaliação da qualidade dos grãos após a secagem

Para a avaliação da qualidade dos grãos pelo Lercafê após a secagem, o pergaminho dos grãos foi retirado manual e mecanicamente. As diferentes características visuais podem ser vislumbradas nas Figuras 9 e 10.

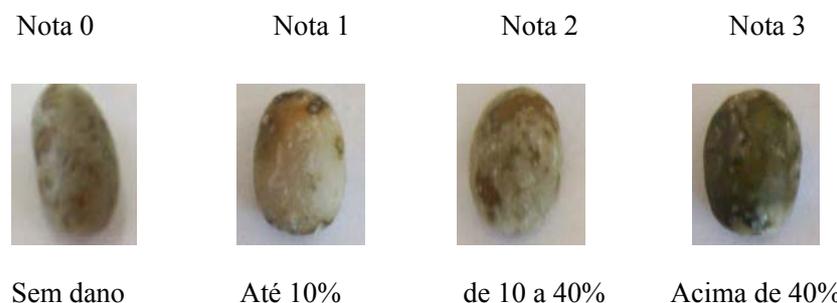


Figura 10 Critérios adotados para grãos, cujo pergaminho foi retirado mecanicamente

Sera e Miglioranza (2000) notaram que sementes muito velhas exsudavam líquidos marrons ao serem avaliadas após seis horas de embebição em água, resultado o qual apresentou alta correlação com o baixo poder germinativo das sementes de acordo com o teste de germinação. Na avaliação de sementes novas, com elevado poder germinativo, não foram observados exsudatos marrons. Como a exsudação marrom das sementes é indicativa de deterioração celular (AMORIM, 1978; PRETE, 1992; PRETE et al., 2000), neste trabalho, a coloração marrom ou preta do endosperma é uma evidência de que esse critério pode ser utilizado como indicativo da deterioração dos grãos de café.

Nota-se nas Figuras 9 e 10 uma diferença na coloração do endosperma dos grãos que sofreram danos térmicos. Essa diferença é devido ao tipo de beneficiamento utilizado nos grãos de café. Naqueles em que o pergaminho foi retirado manualmente, a coloração esverdeada é mais uniforme no local danificado pelo processo de secagem, facilitando a avaliação visual. Os grãos cujo pergaminho foi retirado mecânicamente apresentaram abrasões no endosperma, e coloração diferenciada, por conta do NaClO identificar os danos ocorridos no beneficiamento dos grãos, além dos danos térmicos, o que acaba por corroborar na maior ocorrência de danos, como indicado na Tabela 8.

Portanto, conclue-se que no teste Lercaf  os grãos não devem ser beneficiados mecanicamente, visto que este não é capaz de diferenciar nos grãos os danos causados pelo processo de secagem.

Tabela 8 Valores médios do Teste Lercaf  para o desdobramento temperatura e beneficiamento

Temperatura	Beneficiamento		
	Manual	Mecânico	
	Io (%)	Io (%)	
35�C	0,51 a	0,82 a	0,66 a
40�C	0,77 b	0,86 a	0,81 b
45�C	0,91 c	0,90 a	0,90 c
	0,73 a	0,85 b	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Tabela 9 Resultados dos valores médios do Teste Lercaf  para o desdobramento maturac o e temperatura

Estádio de maturac�o	Tratamento de Secagem			
	35�C	40�C	45�C	
Frutos maduros	0,66 a	0,75 a	0,86 a	0,75 a
Frutos imaturos	0,67 a	0,87 b	0,96 b	0,83 b

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Na Tabela 9, estão descritos os resultados médios para os frutos maduros e imaturos. Observa-se que os frutos imaturos apresentaram maiores médias de ocorrência de danos quando comparados aos frutos maduros. De

acordo com a Figura 11, nos grãos de frutos imaturos há maiores ocorrências de contrastes entre as manchas esverdeadas, enquanto os frutos maduros a coloração é mais clara provavelmente devido ao fato de não ter sido utilizado peso no descascador e, portanto, não ocasiona danos nos endospermas dos grãos descascados.

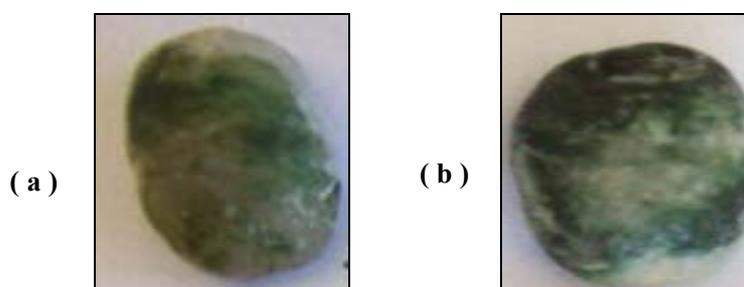


Figura 11 Grãos secos a temperatura de 40°C (a) fruto maduro, (b) fruto imaturo

Tendo como base os resultados obtidos pelo teste de condutividade elétrica e análise sensorial (Tabela 5 e 4), pôde-se concluir que quanto menor a temperatura do ar de secagem, menores são os danos ocorridos nas membranas celulares e constituintes químicos dos grãos, obtendo-se uma maior qualidade da bebida. O teste Lercafé apresentou resultados similares aos dois testes. Como consta nas Tabelas 8 e 9 que os danos térmicos foram crescentes, com o aumento da temperatura do ar aquecido, sendo os grãos dos frutos imaturos os mais sensíveis à altas temperaturas, como demonstra a Tabela 9.

Tabela 10 Valores médios do teste Lercafê para as Concentrações de hipoclorito de sódio – Lavras - 2010

Concentração (%)	Média (%)
2,5	0,82 a
5	0,79 a

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

De acordo com os dados apresentados na Tabela 10, as soluções de hipoclorito de sódio a 2,5 % e 5 % nos tempos de exposição utilizados não apresentaram diferenças estatística, comprovando que o tempo do teste Lercafê segundo metodologia de Reis (2004), pode ser reduzido, fornecendo resultados precisos rapidamente. Insta salientar que cada metodologia apresenta particularidades em sua aplicação, definindo, portanto, sua empregabilidade de acordo com a disponibilidade de tempo e mão de obra.

Além dos danos causados por estresse térmico e impactos mecânicos, foi possível, nesse trabalho, identificar danos ocasionados por brocas do café como demonstrado na Figura 12.

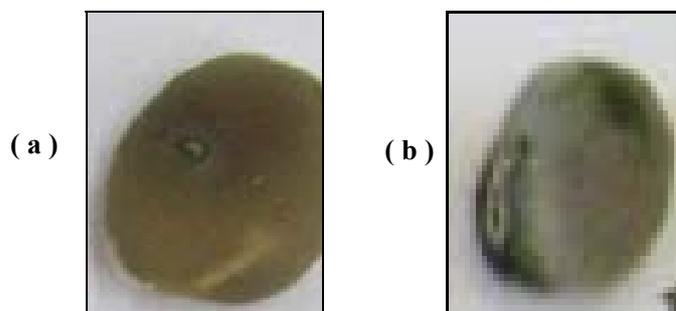


Figura 12 Identificação de danos ocasionados por broca do café pelo Teste Lercafê

A obtenção de dados referentes a danos térmicos ou mecânicos possibilita maior agilidade e facilidade na obtenção de resultados, em trabalhos

de pesquisa, com disponibilidade mais rápida dos novos conhecimentos. Além disso, os testes rápidos conhecidos, como o tetrazólio, além de difícil execução e trabalhosos, exigem mão de obra especializada e ainda não apresentam metodologias bem definidas para os grãos de café.

Carbonell et al. (1993), embora estudando danos mecânicos em sementes de soja, concluíram que o uso do hipoclorito de sódio para quantificação de danos mecânicos nas sementes é pouco oneroso e requer um período curto para avaliação em comparação ao teste de tetrazólio, destacando-se que o teste Lercafé não requer grande emprego de mão-de-obra.

4.5 Biospeckle laser

Foram realizados vários testes estatísticos para análise dos resultados obtidos das iluminações realizadas nos dois experimentos, a fim de comprovar o uso da técnica bem como o funcionamento dos métodos computacionais. Os testes realizados são descritos a seguir.

Resultados para o primeiro experimento

a) Determinação do Nível de Atividade nos grãos de café durante o processo de secagem- Momento de Inércia

A exemplo do Lercafé, o Biospeckle foi utilizado durante o processo de secagem dos grãos de café, com o objetivo de identificar possíveis danos que pudessem comprometer a qualidade intrínseca e extrínseca do produto, no intuito de eliminar, prevenir ou reduzir os riscos da qualidade do café.

Após realizar o teste de Scott-Knott para as médias dos valores dos Momentos de Inércia, verificou-se que os grãos não apresentaram diferenças

significativas para os tratamentos de secagem e estágio de maturação dos grãos, mas diferiram estatisticamente quanto ao tempo de exposição ao ar aquecido. Os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 11 Valores médios dos Momentos de Inércia para grãos nos estádios cerejas e verde, verde-cana durante a secagem

Tratamento de secagem	Médias
35°C	45,15 a
40°C	46,73 a
45°C	46,79 a
Estádio de Maturação	Médias
Frutos maduros	44,68 a
Frutos imaturos	47,54 a
Tempo de exposição à secagem (horas)	Médias
2	47,20 a
4	47,90 a
6	50,89 a
8	47,78 a
10	45,73 a
12	45,36 a
14	41,21 b
16	41,98 b
18	38,82 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Durante a secagem, dependendo da temperatura e taxas de secagem utilizadas, podem ocorrer transformações químicas, físicas e fisiológicas nos grãos, que poderão provocar uma desorganização ou alterações da seletividade das membranas celulares (RIBEIRO et al., 2003). Existem poucos trabalhos relacionados à integridade das estruturas dos grãos de café, todavia muitos pesquisadores relatam que altas temperaturas na massa de café reduzem sua qualidade. Trabalhos relatam danos causados pela secagem desses grãos, comprometendo a obtenção de uma bebida de boa qualidade. Supõe-se que isso

se deve à desorganização e desestruturação das membranas celulares, que permitem o contato de componentes químicos com as enzimas hidrolíticas e oxidativas, as quais estão relacionadas aos processos fermentativos, comprometendo o sabor e aroma da bebida (SAATH, 2006).

Na operação de secagem o Biospeckle não foi capaz de diferenciar danos térmicos nos grãos iluminados, como consta na Tabela 11. No entanto estes resultados não eliminam a possibilidade de ausência de danos ocorridos durante a secagem, uma vez que além dos danos na membrana, podem ter ocorrido danos na estrutura interna dos tecidos dos grãos, questão a ser discutida a seguir.

Nota-se na Tabela 11 que houve diferenças significativas no tempo de exposição dos grãos no processo de secagem. Salienta-se, contudo, que a secagem com ar aquecido a 45°C foi mais rápida quando comparadas as temperaturas mais baixas, porém observando o resultado como um todo, nas primeiras horas os grãos apresentaram maiores atividades em relação às horas finais, e isto se deve ao fato de que no início da secagem, o produto está com teor de água elevado que deve ser reduzido gradualmente para que este seja armazenado seguramente.

Todos os produtos agrícolas têm a capacidade de ceder (dessorção) ou absorver (sorção) água do ambiente, sendo a capacidade de dessorção é cerca de sete vezes maior do que a de sorção, portanto quando acontece a re-hidratação de grãos com diferentes teores de água, como o caso do processo de secagem, estes grãos tendem a apresentar variações na quantidade de água absorvida. Há, pelo menos entre as mais aceitas, duas hipóteses para o fato:

1^a - Os grãos são constituídos de poros, com espaços de pequeno diâmetro, formando um gargalo entre tubos menores e maiores. Quando a água migra, na dessorção, estes espaços são preenchidos por ar. Para haver reumedecimento destes mesmos espaços, a água teria que deslocar o ar, o que geraria ainda mais dificuldades na ocorrência do fenômeno.

2ª - Os poros se contraem na dessorção e se dilatam na sorção, porém em menor proporção, de acordo com Hoekstra, Golovina e Buitink (2001), durante a retirada da água, observaram-se a redução do volume celular provocando uma aglomeração dos componentes citoplasmáticos.

Quanto à maturação, os resultados mostram que a técnica do biospeckle não foi capaz de realizar uma separação dos grãos.

Resultados para o segundo experimento

b) Determinação do Nível de Atividade de grãos com teor de água a 11% - Momento de Inércia

Ao final do tratamento de secagem a qualidade dos grãos foi avaliada, utilizando-se o Momento de Inércia. Os resultados encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 Valores médios dos Momentos de Inércia dos grãos com teores de água a 11%

Temperatura	Médias
35°C	405,02 a
40°C	384,98 a
45°C	423,71 a
Beneficiamento	
Manual	374,78 a
Mecânico	434,36 b
Estádio de Maturação	
Frutos maduros	406,45 a
Frutos imaturos	402,69 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Comparando a Tabela 11 com a Tabela 12, nota-se uma variação nas médias dos Momentos de Inércia dos grãos de café, nas quais os grãos com 11% de teor de água e que foram armazenados apresentaram atividades biológicas relativamente maiores quando comparados aos grãos que estavam em processo de secagem. Considerando que o Momento de Inércia carrega informações da atividade do material sob estudo, cada tipo de material apresenta um STS diferente, resultados os quais podem estar relacionados à estrutura das membranas celulares dos grãos iluminados.

As maiores médias apresentadas pelos grãos com teores de água a 11% dão-se pela total desestruturação das membranas celulares pelo processo de secagem, constatação esta que corrobora com vários pesquisadores que identificaram que em muitas situações em que o produto perde a qualidade por causa de danos latentes resultantes da secagem.

Essa desorganização celular permite que a água penetre e se difunda com maior facilidade, ocasionando o aumento da intensidade dos danos celulares. Essa hipótese tem confirmação nos resultados obtidos por Prete (1992), em que os grãos normais passaram de 12% para 38,49% de umidade após 3,5 horas de embebição enquanto que os grãos verdes, ardidos, pretos e preto-verdes, passaram de 12% para 57,78%; 65,77%; 69,43% e 74,53% de umidade, respectivamente.

Na Figura 13, observam-se os STS's de um grão durante o processo de secagem, e outro com 11% de teor de água, podendo notar-se as mudanças do speckle no tempo, descritas acima. Essas diferenças representam uma grande importância para trabalhos futuros.

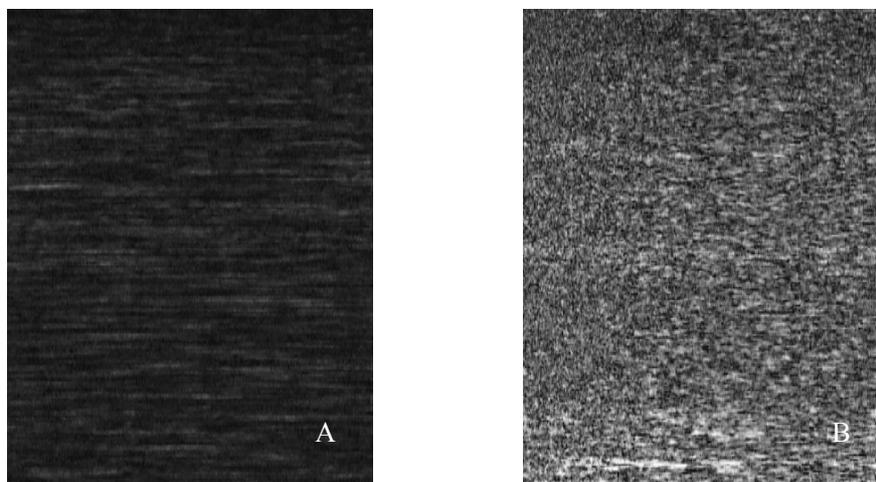


Figura 13 (a) STS de um grão cereja durante o processo de secagem a 35°C, (b) STS de um grão cereja seco a 35°C com 11% de teor de água, ambos beneficiados manualmente

Pela Tabela 12 também se abstrai que os grãos que tiveram seu pergaminho retirado mecanicamente, apresentaram maiores Momentos de Inércia, estando de acordo com os resultados obtidos pela condutividade elétrica, que comprovou que o beneficiamento mecânico altera a estrutura das membranas celulares dos grãos, fazendo com que estes lixiviem maiores quantidade de solutos na água. Porém o Biospeckle laser não foi capaz de diferenciar outros danos como o estágio de maturação e danos térmicos.

Os tratamentos utilizados durante o processamento do café seguidos de re-hidratação, permitem a observação de alterações na estrutura, na composição química e nas propriedades físicas e térmicas dos produtos agrícolas. Assim, a taxa de re-hidratação depende da integridade física dos produtos submetidos a esse processo, podendo o Biospeckle ser considerada uma forma de avaliar as injúrias causadas aos alimentos durante as diferentes etapas do seu processamento.

c) Análise gráfica - processamento de imagem (Fujji)

Nas imagens obtidas utilizando o Método de Fujji após iluminação com laser, não foram identificadas áreas com intensidades luminosas distintas (tons de cinza) nos grãos analisados, já que a análise gráfica demanda maior processamento da mesma em especial no domínio da frequência (BRAGA JÚNIOR et al., 2007; PASSONI et al., 2003). Isto pode ser observado nas Figuras 14 e 15.



Figura 14 Resultado de Fujji em grão cujo pergaminho foi retirado manualmente e seco a temperatura de 40°C



Figura 15 Resultado de Fujji em grão cujo pergaminho foi retirado mecânicamente e seco a temperatura de 40°C.

Resultados do terceiro experimento

d) Determinação do Nível de Atividade de grãos que apresentam diferentes tipos de bebida - Momento de Inércia

Tabela 13 Valores médios de Momento de Inércia para grãos com teor de água a 11% b.u e que apresentam diferentes tipos de bebidas

Tipo de bebida	Momento de Inércia
Mole	194,25 a
Duro	269,20 a
Rio	271,39 a
Fermentado	272,66 a

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

A qualidade do café é assunto de diversas pesquisas, buscando correlacionar a composição dos grãos durante sua formação e maturação com a qualidade da bebida.

Franca, Mendonça e Oliveira (2004), comparando a composição química (umidade, proteínas, lipídeos, açúcares e minerais) de cafés verdes com a qualidade das bebidas, observaram variações nos conteúdos de cada componente nas diferentes categorias de qualidade das bebidas (mole, dura, riada e rio), indicando que a composição do grão verde é importante na qualidade da bebida.

De acordo com a Tabela 13 o Biospeckle não foi capaz de diferenciar os tipos de bebidas dos grãos estudados, pois estes apresentaram nuances muito próximas, sendo necessárias mais pesquisas relacionadas ao café, visto que na literatura inexistem referências da utilização do Biospeckle para determinação de qualidade da bebida do café. Desta forma, é necessário o entendimento dos

processos metabólicos dos grãos durante sua deterioração a fim de correlacioná-los com a atividade biológica quantificada por meio do Momento de Inércia.

Porém, correlacionando as Tabelas 12 e 13, nota-se que os grãos que apresentam alta ocorrência de danos, possuem maiores atividades biológicas, resultando possivelmente em uma bebida de pior qualidade. Recentes estudos têm verificado que, após a dessecação, a membrana celular é um dos primeiros pontos de injúria, com perda de permeabilidade seletiva (BEGNAMI, 1998). Maior tolerância à dessecação dos grãos de café é observada na secagem lenta (OLIVER; BEWLWY, 1997), devido ao tempo para indução e a operação dos mecanismos de proteção das membranas, caracterizando-se uma bebida de melhor qualidade.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente experimento, conclui-se:

O Biospeckle e o Lercafé não foram eficazes na avaliação de danos nos grãos de café durante a operação de secagem com ar aquecido.

O método Lercafé demonstrou ser o método mais preciso, de fácil execução e rápido, sendo capaz de diferenciar danos térmicos, estádios de maturação e danos ocorridos no beneficiamento.

O tempo de execução do Lercafé pode ser reduzido, sem nenhuma alteração nos resultados, utilizando-se a concentração de hipoclorito de sódio a 5% e tempo de exposição de uma hora.

O método do Biospeckle Laser não se mostrou assertivo em relação às análises conduzidas, todavia apresentou resultados que apontam para sua capacidade de perceber o grau de desestruturação molecular sofrido após a secagem.

Novos estudos devem ser realizados, principalmente para corroborar as hipóteses levantadas sobre a capacidade de percepção, que podem se tornar úteis como métodos de análise do café.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ao longo desta dissertação, foram apresentados métodos novos e existentes que são capazes de avaliar os processos pós-colheita, contribuindo assim com a qualidade dos grãos de café.

Ao fenômeno do Biospeckle foi dada particular atenção, especialmente por ser uma possível ferramenta para análise dos grãos e sua atividade biológica. Por ser um método não invasivo e por não necessitar de contato mecânico são grandes as vantagens no estudo de sistemas biológicos. No entanto, a sua aplicação nos grãos de café, denunciou a necessidade de cuidados especiais na interpretação dos resultados obtidos, visto que vários fatores podem interferir nesta interpretação como peso e tamanho dos grãos entre outros.

A observação desse detalhe aponta para a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia específica para a iluminação de grãos de café, haja vista a necessária re-hidratação de grãos muito secos para que seja possível o monitoramento de sua atividade biológica. Portanto há necessidade de se medir a atividade da água dos grãos de café que serão iluminados, para que esses possuam a mesma quantidade de água em seu interior, devem possuir o mesmo tamanho e não apresentarem defeitos. Por fim, é imprescindível o uso de tratamentos de secagem que apresentem contrastes maiores, possibilitando assim a identificação de danos térmicos.

No campo das perspectivas e trabalhos futuros, a técnica aqui apresentada deve ser combinada às técnicas de microscopia, abrindo novas possibilidades ao mapeamento de atividades em níveis celulares e de microorganismos, além de facilitar a interpretação dos resultados obtidos.

Outra linha de pesquisa seria a elaboração de respostas aos problemas apresentados pelos métodos nessa dissertação, bem como o desenvolvimento de

conceitos de gestão do processamento do café, os quais possam auxiliar na determinação dos indicadores do desempenho e da qualidade.

REFERÊNCIAS

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 384 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

AMALVY, J. et al. Application of dynamic speckle interferometry to the drying of coatings. **Progress in Organic Coatings**, Lausanne, v. 42, n. 1/2, p. 89-99, June 2001.

AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade**. 1978. 85 f. Tese (Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1978.

AMORIM, H. V. et al. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5., 1977, Guarapari. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1977. p. 15-18.

ARIZAGA, R.; CAP, N.; RABAL, H. J. Speckle time evaluation characterization by coocurrence matrix analysis. **Optics & Laser Technology**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 163-169, Mar. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Notícias do café**. Disponível em: <<http://www.abic.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: análise sensorial dos alimentos. Rio de Janeiro, 1993. 8 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 93 p. (Contribution, 32).

BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. **Bragantia**, Campinas, v. 21, n. 28, p. 467-468, 1962.

BEGNAMI, C. N. **Alterações estruturais, ultraestruturais e bioquímicas durante a perda da viabilidade de sementes de *Coffea arabica* cv. Catuaí vermelho**. 1998. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BORÉM, F. M. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade: pós-colheita do café**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 103 p.

BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial dos cafés natural e despolpado submetidos a diferentes tipos de secagem e armazenados a 60% de umidade relativa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 35., 2006, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Fundação Procafé, 2006a. p. 154-155.

_____. Efeito de um equipamento modificador de atmosfera no estabelecimento de fungos em sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em ambientes de elevada temperatura e umidade relativa. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 13-20, 2001.

_____. Qualidade do café natural e despolpado após secagem em terreiro e com altas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, set./out. 2008.

_____. Qualidade do café submetido a diferentes temperaturas: fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 55-63, abr./jun. 2006b.

BRAGA JÚNIOR, R. A. **Utilização do biospeckle laser em sementes: uma contribuição para o desenvolvimento de uma tecnologia**. 2000. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

BRAGA JÚNIOR, R. A. et al. Assessment of seed viability by laser speckle techniques. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n. 3, p. 287-294, Mar. 2003.

_____. Biological feature isolation by wavelets in biospeckle laser images. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 58, n. 2, p. 123-132, Sept. 2007.

BRANDO, C. H. J. Cerej descascado, desmucilado, fermentado, despolpado ou lavado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Franca: MAARA/PROCAFÉ, 1999. p. 342-346.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CAMARGO, M. B. P.; SALVA, T. J. G. Influência do clima na produtividade de grãos e na qualidade da bebida do café. In: _____. **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas: IAC, 2007. p. 324-330.

CARBONELL, S. A. M. et al. Teor de umidade das sementes de soja e métodos de avaliação do dano mecânico provocado no teste do pêndulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1277-1285, nov. 1993.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424 p.

CARVALHO, V. D. de et al. Relação entre a composição físico-química dos grãos de café beneficiado e a qualidade da bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-445, mar. 1994.

CHAVES, M. A. et al. Efeito de múltiplos impactos na germinação de três cultivares de sementes de soja. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1/2, p. 2-9, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2009/2010**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2010.

COPELAND, T. G.; BRUCE, C. F.; MIDYETTJUNIOR, Y. W. The unofficial application of tetrazolium tests as an aid in checking germination cains. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Oklahoma, v. 49, p. 134-141, 1959.

COSTA, N. P. da et al. Avaliação de metodologia alternativa para o teste de Tetrazólio para sementes de Soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 305-312, 1998.

COSTA, N. P. da; MARCOS FILHO, J. Temperatura e pré-condicionamento de sementes de soja para o teste de tetrazólio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 158-168, 1994.

COUTINHO, A. C. **Efeito da velocidade e região de impacto e do tempo de armazenagem de sementes de soja: cultivar UFV-5**. 1984. 43 f. Dissertação

(Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

CUNNINGHAM, F. E. Practical applications of food dehydration: a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 45, n. 2, p. 479-483, June 1982.

DELOUCHE, J. C. Standardization of vigor tests. **Seed Science and Technology**, Lansing, v. 1, n. 2, p. 75-85, 1976.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **A história do café e as suas opções de uso**. Belo Horizonte, 2000. 44 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, L. P. **Perfil sensorial e químico de cultivares de cafeeiro bourbon (*Coffea arabica* L.) de diferentes origens geográficas**. 2010. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

FIGUEIREDO, T. G. **Adaptação do teste rápido (pH do exsudato-fenoltaleína), para estimar a viabilidade de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control**. Rome, 2001. 118 p.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 38, n. 7, p. 709-715, Aug. 2004.

FREIRE, A. C. F.; MIGUEL, A. C. Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 12., 1985, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1985. p. 210-214.

FURTINI, L. R. R.; ABREU, L. R. Utilização de APPCC na indústria de alimentos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 358-363, mar./abr. 2005.

GUNASEKARAN, S.; MUTHUKUMARAPPAN, K. Breakage susceptibility of corn of different stress-crack categories. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 36, n. 5, p. 1445-1446, 1993.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E. H. (Ed.). **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 209-252.

HOEKSTRA, F. A.; GOLOVINA, E. A.; BUITINK, J. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, London, v. 6, n. 9, p. 431-438, Sept. 2001.

HOWARTH, M. S.; STANWOOD, P. C. Tetrazolium staining viability seed test using color image processing. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 36, n. 6, p. 1937-1940, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Green coffee**: determination of loss mass at 105°C: ISO 6673. Geneva, 2009. 17 p.

_____. **ISO standards**. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

JHAM, G. N. et al. Lipid classes and tricyglycerols in coffea samples fom Brazil: effects of coffea type and drying procedures. **Food Research International**, Ottawa, v. 34, n. 6, p. 111-115, June 2000.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relatos dos testes de vigor disponíveis as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. de S. Secagem de café em combinação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 83-93, jul./set. 2006.

LEON, G. G. et al. Utilização de filmes radiográfico, pancromático e infravermelho na avaliação de danos em sementes. **Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 303-318, jun. 1986.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. Washington: Coffee Development Group, 1986. 32 p.

MARCOS FILHO, J. et al. Estudo avaliativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, dez. 1990.

_____. Testes de vigor: importância e utilização. In: _____. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.

MARQUES, E. R. et al. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio de grãos de café cereja descascado submetidos a diferentes temperaturas e períodos de pré-secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Fundação Procafé, 2006. p. 261.

_____. Eficácia do teste de acidez graxa na avaliação da qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes períodos de temperatura e pré-secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1557-1562, set./out. 2008.

MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006. 57 p.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity test. In: PERRY, D. A. (Ed.). **Handbook of vigour test methods**. Zurich: ISTA, 1981. p. 37-42.

MAZZAFERA, P. et al. Oil content of Green beans from some *Coffea* species. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 45-48, 1998.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evolution techniques**. London: CRC, 1999. 390 p.

MONDONEDO, J. R. Quick test with tetrazolium chloride on coffee seed viability. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, San José, v. 54, n. 2, p. 370-376, 1970.

MOORE, R. P. **Handbook on tetrazolium testing**. Zürich: ISTA, 1985. 99 p.

_____. Interpretation of color differences in tetrazolium testing. **Seed Technologist News**, Louisville, v. 44, n. 3, p. 22-24, 1972.

NATIONAL ADVISORY COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS. Hazards analysis and critical control points principles and application guidelines. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 61, n. 6, p. 762-775, 1998.

OBANDO-FLOR, E. P.; CARVALHO, M. L.; COSTA, P. S. C. Utilização dos raios-X na avaliação da qualidade fisiológica em sementes de melão (*Cucumis melo*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 12., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRATES, 2001. p. 57.

OBANDO-FLOR, E. P. et al. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 68-76, jan./fev. 2004.

OLIVEIRA, L. M.; PEREZ JÚNIOR, J. H.; SILVA, C. A. S. **Controladoria estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 78 p.

OLIVER, M. J.; BEWLEY, J. D. Desiccation-tolerance of plant tissues: a mechanistic overview. **Horticultural Reviews**, New York, v. 18, n. 3, p. 171-213, July 1997.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL CAFÉ. **El despulpado del café por medio de desmucilaginas mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido em la región de Apucarana en el estado de Paraná em Brasil**. London, 1992.

OULAMARA, A.; TRIBILLON, G.; DUVERNOY, J. Biological activity measurement on botanical specimen surfaces using a temporal decorrelation effect of laser speckle. **Journal of Modern Optics**, London, v. 36, n. 2, p. 165-179, Feb. 1989.

PARIZZI, F. C. **Incidência de fungos da pré-colheita ao armazenamento de café**. 2005. 70 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

PASSONI, L. I. et al. Nuevos descriptores em speckle dinâmico: resultados preliminares. In: REUNIÓN NACIONAL DE LA ASOCIACIÓN FISICA ARGENTINA, 88., 2003, Bariloche. **Anais...** Bariloche: SENASA, 2003. 1 CD-ROM.

PAULSEN, M. R.; NAVE, W. R.; GRAY, L. E. Soybean seed quality as affected by impact damage. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 24, n. 6, p. 1577-1582, 1981.

PIMENTA, C. J. **Qualidade do café originado de frutos colhidos em quatro estádios de maturação**. 1995. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1992.

PRETE, C. E. C. et al. Condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café colhidos em diferentes estádios de maturação. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON BIOTECHNOLOGY IN THE COFFEE AGROINDUSTRY, 3., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR/IRD, 2000. p. 475-477.

PUERTA-QUINTERO, G. I. Influência de los granos colhidos verdes em la calidad física e organolética de la bebida. **Cenicafé**, Chinchina, v. 51, n. 2, p. 136-150, 2000.

RABAL, H. J.; BRAGA JÚNIOR, R. **Dynamic laser speckle and applications**. Boca Raton: CRC, 2008. 282 p.

RABAL, H. J. et al. Numerical model for dynamic sepckle: an approach using the movement of the scatterers. **Journal of Optics A: Pure and Applied Optics**, Bristol, v. 5, p. S381-S385, 2005. Supplement.

RABELO, G. F. **Avaliação do fenômeno Biospeckle no monitoramento de qualidade de laranjas (*Citrus Sinensis*)**. 2000. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

REINATO, C. H. R. Avaliação técnica, econômica e qualitativa do uso de lenha e GLP na secagem de café. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 7, p. 3-13, 2003. Volume especial.

REIS, L. S. **Lercafé: novo teste para estimar a germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2004. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

RIBEIRO, D. M. et al. Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 28, n. 7, p. 94-107, 2003.

ROMERO, J. C. P.; ROMERO, J. P.; GOMES, F. P. Condutividade elétrica do exsudato de grãos de *Coffea arabica* em 18 cultivares analisados no período de 1993 a 2002. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 78, n. 3, p. 293-302, dez. 2003.

SAATH, R. **Microscopia eletrônica de varredura do endosperma de café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem**. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SANTOS, E. F. **Métodos computacionais para análise de atividade biológica através do Biospeckle**. 2003. 88 p. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SCHMIDT, P.; SANTOS, J. L.; MARTINS, M. A. **Avaliação de empresas: foco na análise de desempenho para o usuário interno: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2006. 48 p.

SERA, G. H.; MIGLIORANZA, E. Avaliação visual do potencial germinativo de sementes de café por exsudatos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2000. 1 CD-ROM.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Alimentos mais seguros do campo à mesa**. Disponível em: <http://www.senai.br/sb/sb82/materia_capa.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2010.

SILVA, J. de S. **Secagem e armazenagem do café**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 162 p.

SILVA, J. de S.; BERBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999. 146 p.

SILVA, R. F. da et al. Qualidade do café-cereja descascado produzido na região Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, nov./dez. 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Análise de perigos e pontos críticos de controle**. Campinas, 1995. 282 p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA cupping protocols**. New York, 2008. Disponível em: <http://coffeetraveler.net/wp-content/files/901.SCAA_CuppingProtocols_TSC_DocV_RevDec08_Portuguese.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2010.

TEIXEIRA, A. A.; GÓMEZ, F. P. O defeito que mais prejudica a bebida do café. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 45, n. 1, p. 3-8, mar. 1970.

VASQUEZ, A. R.; MORILLO, A. R. Uso del tetrazolium em la determinación del poder germinativo de la semilla de café. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 14, n. 1, p. 25-32, 1964.

VEIGA, A. D. et al. Armazenabilidade de sementes de cafeeiro colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 83-91, 2007.

VIEIRA, G. **Secagem intermitente de café em secadores de fluxo cruzado e secador experimental de camada fixa**. 1994. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

WINTGENS, J. N. **Coffee: growing, processing, sustainable production**. Weinheim: Gruyter, 2004. 711 p.

ZONTA, J. B. et al. The Lercafé test for coffee seeds with different moisture contents. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 1601-1607, jan./fev. 2010.

ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E. M. M. Q. **Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e qualidade superior do Estado de Minas Gerais: relatório final ENSA/FEA/USP**. São Paulo: SEBRAE, 2001. 174 p.

ANEXOS

Tabela 1A Análise de variância do atributo corpo dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem e estágio de maturação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,084172	Ns
Estádio de Maturação	1	1,642578	*
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,231063	Ns
Erro	26	0,076563	

CV (%) = 3,93; Média Geral = 7,0390625; * Significativo a 1% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 2A Análise de variância do atributo equilíbrio dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem e estágio de maturação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,030816	Ns
Estádio de Maturação	1	0,281250	Ns
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,061632	Ns
Erro	26	0,085136	

CV (%) = 4,20; Média Geral = 6,9531250; * Significativo a 1% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 3A Análise de variância do atributo finalização dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem e estágio de maturação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,106652	Ns
Estádio de Maturação	1	0,781250	Ns
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,083191	Ns
Erro	26	0,140144	

CV (%) = 5,51; Média Geral = 6,7968750; * Significativo a 1% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 4A Análise de variância do atributo acidez dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem e estágio de maturação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,144068	Ns
Estádio de Maturação	1	1,423828	*
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,145646	Ns
Erro	26	0,126002	

CV (%) = 5,12; Média Geral = 6,9296875; * Significativo a 1% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 5A Análise de variância da nota global dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem e estágio de maturação

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	7,911458	Ns
Estádio de Maturação	1	17,58974	Ns
Temperatura x Estádio de maturação	2	8,024399	Ns
Erro	26	4,182391	

CV (%) = 2,59; Média Geral = 78,9722; * Significativo a 1% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 6A Análise de variância da condutividade elétrica dos grãos de café em função do tipo de tratamento de secagem, estágio de maturação e tipo de beneficiamento

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	888,763386	*
Beneficiamento	1	116508,4444	*
Estádio de Maturação	1	676,693511	*
Temperatura x Beneficiamento	2	835,136386	*
Temperatura x Estádio de maturação	2	4.176803	Ns
Estádio de maturação x beneficiamento	1	0,205511	Ns
erro	26	113,185962	Ns

CV (%) = 13,37; Média Geral = 79,59; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo.

Tabela 7A Análise do desdobramento do tratamento de secagem para cada nível de beneficiamento, para a condutividade elétrica dos grãos de café

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Manual	2	0,489906	Ns
Mecânico	2	1723,409867	*
erro	35	122,063153	

CV (%) = 13,37; Média Geral = 79,59; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 8A Análise de variância do teste tetrazólio em função do tipo de tratamento de secagem, estágio de maturação e tipo de beneficiamento

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,001136	Ns
Beneficiamento	1	0,211061	*
Estádio de Maturação	1	0,002500	Ns
Temperatura x Beneficiamento	2	0,065869	Ns
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,022108	Ns
Estádio de maturação x beneficiamento	1	0,036675	Ns
Temp. x Estádio Maturação x Ben.	2	0,031622	
erro	23	0,008421	

CV (%) = 17,63; Média Geral = 0,5205714; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 9A Análise de variância do teste Lercafé em função do tipo de tratamento de secagem,estádio de maturação, tipo de beneficiamento e concentração de NaClO

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	0,355756	*
Beneficiamento	1	0,292612	*
Estádio de Maturação	1	0,109668	*
Concentração NaClO	1	0,056112	Ns
Temperatura x Beneficiamento	2	0,167267	*
Temperatura x Estádio de maturação	2	0,016839	Ns
Temperatura x Concentração	2	0,031117	Ns
Estádio de maturação x beneficiamento	1	0,000113	Ns
Beneficiamento x Concentração	1	0,037813	Ns
Estádio de maturação x Concentração	1	0,021701	Ns
Temp. x Estádio maturação x Ben.	2	0,011939	Ns
erro	55	0,011042	

CV (%) = 13,21; Média Geral = 0,7956944; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo.

Tabela 10A Análise do desdobramento do tratamento de secagem para cada nível de beneficiamento, para o Lercafê

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Manual	2	0,504544	*
Mecânico	2	0,018478	Ns
erro	55	0,011042	

Tabela 11A Análise de variância do Biospeckle Laser em função do tipo de tratamento de secagem, estágio de maturação e tempo de exposição

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	40,787935	Ns
Estádio de Maturação	1	270,470473	Ns
Tempo de exposição	8	170,093594	*
Temperatura x Estádio de Maturação	2	99,958120	Ns
Temperatura x Tempo de exposição	11	82,881492	Ns
Estádio de maturação x tempo de exposição	8	287,750298	Ns
erro	99	61,719486	

CV (%) = 1704; Média Geral = 46,1141; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo.

Tabela 12A Análise de variância do Biospeckle em função do tipo de tratamento de secagem, estágio de maturação e tipo de beneficiamento

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Temperatura	2	4501,825378	Ns
Estádio de Maturação	1	127,088044	Ns
Beneficiamento	1	31949,179211	*
Temperatura x Estádio de maturação	2	16893,978411	Ns
Temperatura x Beneficiamento	2	9102,998811	Ns
Estádio de maturação x beneficiamento	1	4083,210000	Ns
Temp. x Estádio Maturação x Ben.	2		
erro	26	6979,026562	

CV (%) = 20,65; Média Geral = 404,5761111; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo

Tabela 13A Análise de variância dos diferentes tipos de bebidas dos grãos de café

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA			
FV	GL	QM	Pr > Fc
Bebida	3	7389.427447	Ns
erro	15	7388.567153	

CV (%) = 32,42; Média Geral = 265,13; * Significativo a 5% de probabilidade; Ns Não significativo