

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXSUDATO DE GRÃOS
DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) E SUA RELAÇÃO COM
A QUALIDADE DA BEBIDA

CÁSSIO EGÍDIO CAVENAGHI PRETE

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Fitotecnia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro de 1992

A Deus, Autor da vida, do
homem, da semente e do café.

Aos meus bisavós, que vieram
da Itália para trabalhar nas
fazendas de café das senhoras
de Ribeirão Preto - SP.

Aos meus avós, que derramaram
seu suor em suas lavouras de
café em Cedral e São José do
Rio Preto - SP.

Aos meus pais, pelo suor que
derramaram nas suas lavouras
de café em Astorga - PR e que
hoje derramam nos cafezais de
Patrocínio - MG.

Aos meus filhos, Thomás, Lígia
e Fernando e a minha esposa
Cristina pelo amor que
diariamente me dedicam,

dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof.Dr. Jairo Teixeira Mendes Abrahão pelo constante apoio, orientação, serenidade, compreensão e respeito transmitidos, e ao inestimável ensinamento do valor de uma amizade.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" USP pela oportunidade e aos Professores do Departamento de Agricultura da ESALQ, Oswaldo Pereira Godoy, José Dias Costa, Julio Marcos Filho, Silvio Moure Cícero, Francisco Ferraz de Toledo, Walter Rodrigues da Silva, pelos ensinamentos e valiosas trocas de idéias, fundamentais na minha formação profissional,

Ao Professor e amigo Takashi Muraoka do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENEA/USP, pela colaboração prestada em momentos cruciais da execução desta tese.

Ao Professor Décio Barbim do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, pela orientação estatística dada no planejamento da tese e a Professora e colega Tiemi Matsuo do Departamento de Matemática Aplicada da Universidade Estadual de Londrina - UEL, pelas sugestões e execução da análise estatística dos dados,

As Engenheiras Agrônomas Ana D.L. Coelho Novembre e Helena M. Pescarim Chamma e aos demais funcionários lotados no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da ESALQ, pela amizade e colaboração prestada durante todo o decorrer do curso e em especial durante a fase de execução dos trabalhos experimentais.

Aos colegas das instituições que forneceram materiais para a realização deste trabalho:

- Instituto Agrônômico - IAC
- Cooperativa dos Cafeicultores de Garça - Garçafé
- Cooperativa Agrícola de Maringá - COCAMAR - Setor de Café
- Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR - Setor de Café
- Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais-EPAMIG
- Agropecuária Fazenda Conquista - Alfenas - MG.

Aos colegas e instituições que gentilmente realizaram a prova de classificação do café em função da bebida e do tipo.

- Bolsa de Mercadorias e Futuras (BMF) Aloísio Aparecido L. Barca;
- Federação Meridional de Cooperativas Agropecuárias (FEMECCAP) - Benedito Aparecido Rodrigues;
- Unicafé - Londrina - Roberto Scotton.

A CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação durante o período do curso.

Aos colegas do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina pela liberação para realização do curso de pós-graduação.

SUMARIO

| | página |
|--|--------|
| RESUMO..... | ix |
| SUMMARY..... | xi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISAO DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. A Semente de café..... | 3 |
| 2.2. A Qualidade do café..... | 9 |
| 2.3. Condutividade elétrica..... | 19 |
| 3. MATERIAL E MÉTODO..... | 22 |
| 3.1. Metodologia para análise..... | 22 |
| 3.1.1. Teor de água dos grãos de cafe..... | 22 |
| 3.1.2. Condutividade elétrica..... | 22 |
| 3.1.3. Lixiviação de potássio..... | 24 |
| 3.1.4. Determinação da qualidade da bebida..... | 24 |
| 3.1.5. Classificação por tipos..... | 26 |
| 3.2. Metodologia para obtenção do tratamento..... | 28 |
| 3.2.1. Determinação da composição química da solução do exsudato de grãos de café..... | 28 |
| 3.2.2. Cinética de absorção de água, lixiviação de potássio e evolução da condutividade elétrica do exsudato de grãos de café..... | 29 |
| 3.2.3. Efeito do genótipo sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café..... | 31 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.2.4. | Efeito do tamanho de grãos sobre a condutividade elétrica do exsudato..... | 32 |
| 3.2.5. | Efeito do teor de água dos grãos de café sobre a condutividade elétrica..... | 34 |
| 3.2.6. | Efeito de grãos defeituosos sobre a condutividade elétrica do exsudato..... | 35 |
| 3.2.7. | Efeito de quantidades crescentes de frutos colhidos no estágio de maturação verde sobre a condutividade elétrica,,,... | 37 |
| 3.2.8. | Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estágios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos..... | 39 |
| 3.2.9. | Efeito de locais e tipos de colheita sobre a condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café..... | 43 |
| 4. | RESULTADO..... | 46 |
| 4.1. | Determinação da composição química da solução do exsudato de grãos de café..... | 46 |
| 4.2. | Cinética de absorção de água, lixiviação de potássio e evolução da condutividade elétrica do exsudato de grãos de café..... | 48 |
| 4.3. | Efeito do genótipo sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café..... | 57 |
| 4.4. | Efeito do tamanho de grãos sobre a condutividade elétrica do exsudato..... | 59 |

| | |
|---|----|
| 4.5. Efeito do teor de água dos grãos de café sobre a condutividade elétrica..... | 63 |
| 4.6. Efeito de grãos defeituosos sobre a condutividade elétrica do exsudato..... | 65 |
| 4.7. Efeito de quantidades crescentes de frutos colhidos no estágio de maturação verde sobre a condutividade elétrica..... | 67 |
| 4.8. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos..... | 70 |
| 4.9. Efeito de locais e tipos de colheita sobre a condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café..... | 75 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 83 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 95 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 97 |

CONDUTIVIDADE ELETRICA DO EXSUDATO DE GRAOS
DE CAFE (*Coffea arabica* L.) E SUA RELAÇÃO
COM A QUALIDADE DA BEBIDA

ix

Autor: CASSIO EGIDIO CAVENAGHI PRETE

Orientador: Prof.Dr. JAIRO TEIXEIRA MENDES ABRAHAO

RESUMO

Com o objetivo de ampliar os procedimentos usuais para determinação da qualidade do café, foi estudada a relação entre a condutividade elétrica do exsudato de grãos crus de café e o tipo e qualidade da bebida, através de nove trabalhos experimentais. A metodologia para avaliação da condutividade elétrica foi desenvolvida no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da Escala Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba - SP, de 1990 à 1992, podendo se recomendar a utilização de quatro amostras de 50 grãos de café, pesadas, imersas em 75 ml de água destilada (ne interior de copos de plásticos de 180 ml de capacidade) e colocadas em ambiente a 25°C por 3,5 horas, seguidas de agitação e leitura em condutivimetro elétrico, expressando os resultados em $\mu\text{S/g/amostra}$. Os resultados obtidos nos demais experimentos indicam que o ion lixiviado em maior quantidade pelos grãos de cafe é o potássio, que correlacionou diretamente ($r^2 = 99\%$) com a condutividade elétrica; a evolução da condutividade elétrica segue a marcha de lixiviação de Sons

potássio e a de absorção de água pelos grãos; a condutividade elétrica sofre influência marcante dos defeitos do café (grãos preto-verdes, preto, ardidos, verdes e brocados), pois esta sequência de defeitos corresponde à ordem de importância na degradação do sistema de membranas; a influência do grau de umidade, do genótipo e do tamanho dos grãos foi também verificada; o acréscimo de frutas colhidos no estágio de maturação verde deprecia a qualidade do café, ainda mais quando estes são submetidos à secagem sob temperaturas superiores a 45°C. Nestas condições experimentais o teste de condutividade elétrica e a lixiviação de potássio foram mais sensíveis em detectar diferenças entre os tratamentos do que os procedimentos usuais. O despulpamento dos frutos propiciou a obtenção de cafés de melhor qualidade (melhor bebida, menor número de defeitos e menor condutividade elétrica) em dez locais de colheita (Maringá, Londrina, Piracicaba, Campinas, Garça, Pindorama, Mococa, Patrocínio, Alfenas e Machado).

Concluiu-se existir uma relação inversa entre padrão de bebida e condutividade elétrica ou seja quanto melhor a bebida, menores os valores de condutividade elétrica dos exsudatos do grão cru de café.

ELECTRIC CONDUCTIVITY OF THE EXUDATE FROM CRUDE GRAINS
COFFEE AND ITS RELATIONSHIP WITH THE QUALITY OF THE BEVERAGE

Author: CASSIO EGIDIO CAVENAGHI PRETE

Adviser: PROF. DR. JAIRO TEIXEIRA MENDES ABRAHAO

SUMMARY

With the objective of enlarging the possibilities to determine the coffee quality, the relation between electric conductivity of the exudate from crude coffee grains and the type quality of the beverage was studied through nine experiments the methodology to evaluate the electric conductivity was developed at the Seed Laboratory of the Agriculture Department of the ESALQ in Piracicaba-SP, during the period of 1990-1992. This initial exploratory test showed the best methodology to be the use of from samples with 50 coffee grains, with known weight, immersed in 75 ml of distilled water, at 25°C during 3,5 hours, followed by shaking. After that the electric conductivity was measured using a conductivimeter and expressed in $\mu\text{S/g/}$ sample,

The results indicate that: the most lixiviated ion from the coffee grains is potassium, which is direct

correlated ($r = 99\%$) with the electric conductivity; the electric conductivity evolution follows the speed of the potassium lixiviation and of the water absorption by the grains; the electric conductivity is remarkably affected by imperfection in the coffee beans (Stinkers, blacks, rancids, greens and brocades), because this imperfection sequence correspond to the order of importance in the degradation of the membrane system; also it was verified the influence of the humidity content, of the genotype and of the grain size; the increment of green fruits harvested depreciate the coffee quality, moreover when they are submitted to a drying temperature higher than 45°C . In this experimental conditions the electric conductivity and the potassium lixiviation tests were more sensible to detect differences between treatments than usual procedures. The hulling of the fruits propitiate the obtainment of better coffee quality [better beverage, less imperfections and smaller electric conductivity] in ten harvest locations (Maringa, Londrina, Piracicaba, Campinas, Garca, Pindorama, Mococa, Patrocinio, Alfenas e Machado).

It was concluded that occurs an inversed relation of the genotype and of the grain size; between coffee quality and electric conductivity, or the better the beverage quality the smaller is the electric conductivity of the exudates from the crude grain of coffee.

1. INTRODUÇÃO

A competência dos produtores de café depende do empenho em controlar custos, aumentar a produção por hectare e elevar a qualidade da bebida.

A melhoria dos cuidados no preparo do café tornou-se um fator de extrema importância para os produtores devido a maior facilidade de comercialização e aos maiores retornos econômicos advindos de um café de boa qualidade.

Qualidade de um café é o resultado da somatória de atributos físicos do grão cru como: cor, tamanho, densidade, forma e uniformidade; de atributos do grão torrado destacando a homogeneidade na cor e cor de película prateada e das características organolépticas da bebida expressadas pelo gosto e aroma. Na comercialização do café a qualidade da bebida tem um peso maior que os outros atributos.

Os atuais procedimentos de avaliação comercial da qualidade do café estão baseados em parâmetros empíricos e subjetivos pois dependem de sensações e habilidades pessoais, adquiridas com muitos anos de experiência. Assim a complementação dos procedimentos em uso com a adoção de métodos físicos e químicos tornaria mais real e objetiva a determinação da qualidade do café.

Na literatura os trabalhos visando elucidar os mecanismos que alteram a qualidade física e organoléptica do café são esparsos e não fornecem uma explicação segura para o fenômeno da sua deterioração.

Entretanto os trabalhos de AMORIM (1978), relacionando aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde com a deterioração da qualidade, muito contribuíram para realçar a hipótese de que a perda da permeabilidade e estrutura das membranas celulares conduz à deterioração do café.

A deterioração das membranas celulares e subsequente perda de controle da permeabilidade foram propostas por HEYDECKER (1972); BERJAK e VILLIERS (1972) VILLIERS (1973) e HARRINGTON (1973), como o passo inicial no processo de deterioração de sementes. E baseados nesta teoria diversos testes foram desenvolvidos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, com destaque para o teste que determina a condutividade elétrica do exsudato de sementes após embebição em água.

Este trabalho visa a confirmação da hipótese de que existe uma relação entre o teste de condutividade elétrica do exsudato de grãos de café com a sua qualidade, avaliada pelo tipo e bebida.

Pretende-se com isso obter um teste rápido, de baixo custo, fácil e segura que possa complementar a avaliação da qualidade de grãos de café, favorecendo assim a obtenção de cafés de melhor qualidade,

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Semente de Café

Nas principais regiões produtoras de café arábica no Brasil, as condições climáticas que estimulam a iniciação floral são obtidas nos meses de fevereiro a abril. Após esse período de indução, os botões florais permanecem dormentes ou em repouso fisiológico por um período de tempo profundamente influenciada pela distribuição das chuvas (FRANCO, 1965; ALVIN, 1973; BARROS e MAESTRI, 1978 e RENA e MAESTRI, 1986).

Com o reinício das precipitações pluviais ocorre a abertura das flores ou antese (MAGALHÃES e ANGELOCCI, 1976). Nas condições de ambiente de cultivo de café no Brasil, a partir de agosto, tem-se uma florada pequena; em setembro e outubro tem-se as duas principais floradas, desde que as condições climáticas sejam suficientes. Dependendo das condições climáticas, em novembro e dezembro pode haver mais floradas, podendo chegar até cinco floradas gregárias.

Esta distribuição no florescimento causa sérias dificuldades de colheita, porque os frutos de café apresentarão graus variáveis de amadurecimento. Se esta mistura de frutos é colhida e processada posteriormente, o resultado será uma bebida de qualidade inferior (GRANER e GODOY, 1967); GARRUTI e GOMES, 1961).

APÓS a antese, nas primeiras 12 horas, ocorre a fecundação (MENDES, 1942), seguida da dupla fertilização, quando os dois gametas, que são levados pelo tubo polínico, unem-se. simultaneamente, um à oosfera e outro ao núcleo secundário.

As primeiras transformações que ocorrem no saco embrionário fertilizada incluem: aumento de volume do embrião; multiplicação acentuada das células do integumento formando o perisperma e desenvolvimento do endosperma às custas das células do perisperma (MENDES, 1942). O memo autor observou que o embrião das sementes de café só começa a se desenvolver muito depois do endosperma; a sua primeira divisão ocorre aos 60 a 70 dias da antese. Aos 105 dias o embrião já tem a forma de um escudo (ARCILA-P e OROZCO-C, 1987). Numa semente de 143 dias, em que o endosperma já está completamente formado, o perisperma está reduzido apenas a uma película translúcida, ou tegumento, que envolve a semente, chamada película prateada. Nesta mesma ocasião os cotilédones do embrião diferenciam-se e completam seu desenvolvimento aos 160 dias após a antese, apresentando alguma capacidade germinativa.

Assim, uma semente madura de café constitui-se de uma grande massa de endosperma, recoberta por uma fina película prateada originária do integumento, alojando no seu interior um pequeno embrião diferenciado. O pergaminho que envolve a semente não faz parte da mesma pois é o endocarpo do fruto (MENDES, 1942).

CAIXETA (1980) objetivando estabelecer a melhor época de colheita de sementes de café observou que a máxima capacidade germinativa ocorreu aos 200 dias após antese, no estágio de verde-cana, com o fruto apresentando 69% de água. Entretanto o máximo peso da matéria seca do fruto foi obtida aos 220 dias no estágio de maturação verde-cana e cereja, com os frutos apresentando 66% de água.

O tecido de maior volume na semente é o endosperma cuja cor é geralmente azul-esverdeada em Coffea arabica L. De acordo com DEDECCA (1957) o endosperma é formado por células poliédricas de parede espessa ligadas umas as outras por plasmodesmas, estabelecendo assim conexões citoplasmáticas entre as células, também observado por MELLO AYRES (1954). DENTAN (1985) não observou espaços intercelulares no endosperma. DEDECCA (1957) observou que a camada externa do endosperma é uniforme com células de parede espessa, parcialmente liquificada seguindo-se diversas camadas de células maiores, poliédricas, que irão constituir as células do parênquima de reserva, ricas em hemicelulose, representando a maior porção da semente de café.

Na porção mediana da endosperma DENTAN (1985) distinguiu uma camada mucilaginosa, hidrossolúvel, de densidade variável, rica em polissacarídeos, a qual envolve o embrião. A mesma autora observou que na camada cuticular são encontrados terpenos, ácido clorogênico e derivados de 5 hidroxitriptamina; ácido clorogênico é também encontrado no citoplasma das células da epiderme e do parênquima. Os lipídeos estão presentes como pequenas gotículas no

plasmalema. As proteínas estão presentes em pequenas quantidades nas paredes celulares e no centro do citoplasma e os polissacarídeos estão localizados essencialmente nas paredes celulares como celulose e hemicelulose. Em seu estudo histoquímico, utilizando microscopia eletrônica, DENTAN (1985) também observou a presença de sais minerais como oxalatos de cálcio, fosfato de cálcio e sais de potássio nas células do parênquima.

A composição química da semente de café é bastante variável, tendo despertado o interesse de inúmeros pesquisadores e na tabela 1 encontram-se os valores médios de alguns constituintes químicos, e suas fontes de referências bibliográficas.

TABELA 1. Composição química média do grão de café cru.

| Parâmetros | Valores | Referências |
|------------|---------|--|
| Água | 8 a 12% | TRAVAGLINI e TOSELLO (1967/68), TANGO (1971), STREULI (1974), CLIFFORD (1975), SPROESSER (1986), LEITE (1991) e BASSOLI (1992). |
| Proteínas | 9 a 16% | UNDERWOOD e DEATHERAGE (1952), FONSECA et alii (1974), CLIFFORD (1975), AMORIM e JOSEPHSON (1975), CLIFFORD (1986) e BASSOLI (1992). |

Ácido 2 a 8,4% TANGO (1971), MIYA et alii
 Clorogênico (1973/74), CLIFFORD (1975),
 OHIOKPEHAI et alii (1982),
 CLARKE e MACRAE (1985), NJOROGE
 (1987) e MENESES (1990).

Cafeína 0,6 a 1,5% TANGO (1971), MIYA et alii
 (1973/74), CLIFORD (1975), CLARKE
 e MACRAE (1985), CLIFFORD (1985)
 e NJOROGE (1987).

Potássio 1,35 a 1,88% MALAVOLTA et alii (1963), CATANI et
 alii (1967), NORTHMORE (1965),
 CLARKE e WALKER (1974) e CLIFFORD
 (1975).

Encontram-se em menores proporções os
 seguintes constituintes na semente de café: 1% de
 trigonelina; 0,1% de cloretos; 23 a 170 ppm de sódio; 7 a
 105 ppm de ferro; 0,5% de ácido cítrico, ácido málico e
 ácido tartárica; 0,2% de ácido oxálico e ácido acético;
 0,02% de ácido propiônico e ácido valérico, 0,01% de ácido
 butírico e ácido fosfórico e pequenas quantidades de ácido
 ascórbico, tiamina, niacina e guaiacol, entre outros
 constituintes (MACRAE, 1985).

2.2. A Qualidade do Café

A valorização da qualidade da bebida do café é uma antiga preocupação, levando os setores ligados à atividade cafeeira no Brasil, a elaborar as normas de classificação de café em 1917 (TEIXEIRA, 1972).

Nestas normas, que poucas modificações sofreram até hoje, observa-se a ênfase a certos atributos que estão associados à aceitação ou rejeição do café para consumo. A somatória de características físicas do grão cru, tais como cor, tamanho, forma, densidade e uniformidade; do grão torrado, destacando a homogeneidade na cor e cor de película prateada, e principalmente das características organolépticas da bebida expressadas pelo aroma e sabor resultam na qualidade de café (BRASIL, 1985).

Inúmeros trabalhos foram realizados visando relacionar a composição química do grão de café cru com a qualidade da bebida. Entretanto a composição química do café cru depende de fatores genéticos influenciados pelo ambiente e das condições de manejo para produção e processamento do produto após a colheita. O café cru não possui o aroma nem o sabor típicos da bebida do café; assim a torração é essencial para a produção de compostos que conferem as características daquilo que todos usam conhecer como café. Há ainda que se considerar as interações entre os compostos durante o preparo da bebida e as complexas interações dentro da boca, entre os compostos químicos do café e as

substâncias salivares, sem falar dos estímulos aos processos mentais que esta bebida provoca, Isto posto, verifica-se a complexidade em se relacionar qualidade da bebida com a composição química do grão de café cru.

Entretanto, pesquisas, em escala crescente, buscam responder do ponto de vista químico quais substâncias determinam na bebida a aceitação ou rejeição e quais são os precursores e as reações que resultam nestas substâncias desejáveis ou não no grão cru de café (CLIFFORD, 1985).

Tentativas de associar a qualidade da bebida com a composição química dos grãos de café são numerosas, iniciando com WILBAUX (1938). A seguir CALLE (1955) pesquisou métodos químicos para determinar a qualidade da café e em 1963 relacionou-a com o teor de metilcetonas e aldeído acética, RODRIGUEZ et alii (1969) e GUYOT et alii (1982) associaram a qualidade do café com o teor de aldeídos; MENCHU (1967), FONSECA et alii (1974) e AMORIM e AMORIM (1977) com a quantidade de lipídeos. O aumento da acidez do óleo e do teor de ácidos graxos livres como resultado de processos de hidrólise e oxidação dos lipídeos durante a deterioração do café foram reportados por ESTEVES (1960), RIGITANO et alii (1964), JORDÃO et alii (1969/70), SANTOS et alii(1971), MIYA et alii (1973/74), MULTON (1974), AMORIM et alii (1977), AMORIM (1978), MELO et alii (1980), CORTEZ e AZEVEDO (1981), GUYOT et alii (1988) e CORTEZ (1991).

Outros trabalhos analisaram o teor de carboidratos MUTISO (1971), AMORIM et alii (1974) e BASSOLI

(1992); ácidos clorogênicos, fenóis hidrolisáveis e fenóis totais por CENTIGROSSI et alii (1969), FELDMAN et alii (1969), AMORIM et alii (1974b) e GOPAL et alii (1976); proteínas solúveis por AMORIM (1972), AMORIM et alii (1974c), AMORIM et alii (1975a), AMORIM e JOSEPHSON (1975), AMORIM (1978), e LEITE (1991); ácido ascórbico, cafeína e trigonelina por GOPAL e VASUDEVA (1974), e sólidos solúveis por GARRUTI et alii (1962).

Os valores mais significativos destes trabalhos, resumidamente, indicam que os piores cafés, em termos de qualidade de bebida, possuem: menos proteínas solúveis, mais aminoácidos livres, mais ácido clorogênico, menos fenóis hidrolisáveis, menos ácido ascórbico, baixo teor em carboidratos e maior teor de ácido graxos livres com diminuição do conteúdo de lipídeos. Estes resultados indicam que ocorrem importantes reações oxidativas durante o processo de deterioração dos grãos de café sugerindo intensa peroxidação de lipídeos.

Dentre os compostos orgânicos estudados, especial atenção foi dada a enzima polifenoloxidase (PPO) a qual estava correlacionada positivamente com a qualidade da bebida do café como demonstraram AMORIM e SILVA (1968), seguidos por ROTEMBERG e IACHAN (1971); SANINT e VALENCIA (1972), VALENCIA (1972), OLIVEIRA (1972), MELC e AMORIM (1975), ARCILA-P e GERMAN-V (1975), OLIVEIRA et alii (1976) (1977), GOPAL et alii (1976), AMORIM et alii (1976b), AMORIM e AMORIM (1977), AMORIM (1978), MELO et alii (1980), CARVALHO et alii (1989) e LEITE (1991).

In vivo, a enzima polifenoloxidase encontra-se ligada às membranas e é ativada somente quando liberada destas. Tem sido encontrada na polpa de frutos e nas camadas externas e pastes centrais da grão (AMORIM, 1978). Ainda que os cafés arábica e robusta contenham as mesmas enzimas conhecidas (DRAETTA e LIMA, 1976), a atividade específica da polifenoloxidase é função da espécie, variedade e maturidade da semente. Frutos recém colhidos da espécie robusta e frutos verdes ou imaturos recém colhidos apresentam a maior atividade específica (OLIVEIRA, 1972); ARCILA-P e VALENCIA-A, 1975, OLIVEIRA et alii, 1976 e CLIFFORD, 1985).

AMORIM (1978) sugere que danos ocorridos nas membranas liberam, e portanto ativam, a polifenoloxidase (PPO), que por sua vez oxida os ácidos clorogênicos à quinonas. A PPO é inibida pelas quinonas formadas, diminuindo sua atividade. Segundo AMORIM (1978) qualquer fator ambiente que altere a estrutura da membrana, por exemplo ataque de insetos, infecções por microrganismos, alterações fisiológicas e danos mecânicos, provocam uma rápida deterioração dos grãos de café. Uma vez rompida a membrana celular ocorre um maior contacto entre as enzimas e os compostos químicos presentes intra e extracelular no grão. Isto ocasiona reações químicas que modificam a composição química original do café verde e em consequência as propriedades organolépticas da infusão preparada com este.

Esta sequência sugere, na verdade, que a qualidade inferior dos cafés com baixa atividade da PPO está

relacionada com os danos às membranas celulares, sendo então a diminuição da PPO uma consequência disto-

CLIFFORD (1985) cita a variação na cor entre os cafés arábica e robusta, que poderia ser atribuída às diferenças em atividades de polifenoloxidase e espectro de isoenzimas, e, ou, às diferenças na relação entre o ácido cafeoilquímico e o ácido dicafeoilquímico (isômeros do ácido clorogênico). Os pigmentos marrons e pretos poderiam ser resultados de uma atividade em PPO devido a possíveis danos nas células; desta forma a PPO atacaria os ácidos clorogênicos, preferencialmente o ácido cafeoilquímico, e produziria O-quinonas, pigmentos marrons ou pretos insolúveis (OHIOKPEHAI et alii, 1982).

MAZZAFERA et alii (1984) relatam ser a cor verde apresentada pelos grãos de café indicativa de que os processos oxidativos endógenos à semente estão ocorrendo em baixas taxas, ou mesmo não ocorrendo. A perda da cor verde ou branqueamento pode ocorrer durante o armazenamento inadequado, como mostram os trabalhos de SUBRAHMANYAN et alii (1961), MATUNDER et alii (1962), WILBAUX e HAHN (1966), NORTHMORE (1968), RIGITANO et alii (1964), JORDAO et alii (1969/70), SANTOS et alii (1971), WOOTTON (1970), MULTON et alii (1974), TEIXEIRA et alii (1977), MELO et alii (1980), LOPES (1988); por injúrias mecânicas, no clássico trabalho realizado por BACCHI (1962), e por secagem inadequada, como demonstram os trabalhos de BACCHI (1955), MENCHU (1967), McLOY (1979) e TEIXEIRA et alii (1989).

O branqueamento seria devido à oxidação de precursores do ácido virídico ou talvez, à sua oxidação, e, a queda na qualidade da bebida, acompanhando a descoloração do grão, seria provocada por alterações dos constituintes que favorecem sabor e aroma à bebida,

Apesar da qualidade e aroma da bebida do café serem determinantes na estabelecimento de seu preço, as causas de variação da qualidade do produto somente agora estão sendo esclarecidas, A descoberta da composto 2,4-6 tricloroanisole (TCA) presentes em amostras de café Rio que sofreram ação de fungos *Aspergillus* spp está relacionada com a má qualidade da bebida. Sem dúvida a ordem das reações químicas que ocorrem durante a formação da grão de café culmina na composição química final destes, e esta pode ser um importante fator na determinação da qualidade da bebida (AMORIM e MELO, 1992).

Os frutos de café quando colhidos em seu ponto ótimo de maturação (estádio de cereja) e após processadas resultam em grãos crus ou beneficiados que apresentam coloração verde, Neste estado a composição química, tanto qualitativa como quantitativa, se encontra em seu ponto ótimo permitindo ao fruto a expressão de sua máxima qualidade, como demonstram trabalhos de GARRUTI e GOMES (1961), LEON e FOURNIER (1962), VINCENT (1968), PUSCHMANN (1975), AMORIM e TEIXEIRA (1975), NOBRE et alii (1980), CAIXETA E ALVARENGA (1981), CHAVES (1982), FREIRE e MIGUEL (1985), CANNEL (1985), ARCILA-P e OROZCO-C (1987) e SAMPAIO e AZEVEDO (1989).

No Brasil é prática corriqueira a colheita do café pelo processo de *derrica*, ou seja, a retirada dos frutos da árvore quando estiverem maduras em sua maioria. Entretanto, devido à desuniformidade de florescimento e maturação, e à antecipação das colheitas, é grande a quantidade de frutos colhidos no estágio verde,

Os frutos verdes apresentam alguns compostos químicos em níveis diferentes do ideal, apresentados pelos frutos maduros, e podem ocasionar uma série de defeitos. A caracterização em uma amostra de café beneficiado, de um **grão** como defeito grão verde é dada pela cor verde-cana do perisperma ou película prateada aderida ao endosperma. Segundo TEIXEIRA et alii (1971), MIYA et alii (1973/74) e TEIXEIRA et alii (1991), o café colhido no estágio de maturação verde apresenta aspecto e torração de pior qualidade. com conseqüente bebida inferior, que os frutos maduros, além de apresentarem peso e tamanho menor do que os grãos, afetando assim o rendimento, a produtividade e a rentabilidade. CARVALHO et alii (1970) observaram que o defeito grão verde é encontrado com maior frequência nos frutos colhidos verdes, mas também pode ocorrer nas frações frutos meio-maduros, maduros, passa e secos.

O defeito grão ardido caracteriza-se pela cor parda ou marrom do grão, Segundo CARVALHO et alii (1970) são oriundos em maior frequência dos frutos secos do chão e em menor frequência das frações seco, verde, meio-maduro, maduro e passa, e podem ser originários de fermentações anormais, deficiências hídricas durante as diferentes etapas

de desenvolvimento do fruta e ao desequilíbrio entre fonte e dreno devido à sobrecarga da planta (ZULUAGA-V, 1989 e GERMAN-V, 1973).

Após o amadurecimento total, os frutos entram na fase de senescência, onde ocorrem fermentações com produções de alcoóis e ácidos indesejáveis, ruptura da estrutura da parede celular por modificações nas pectinas, celulosas, hemicelulose e lignina; escurecimento da casca e polpa devida às oxidações de pigmentos e podridões, com decréscimo na qualidade dos frutos (RIGITANO et alii, 1967 e CARVALHO e CHALFOUN, 1985).

O defeito grão preto, considerado defeito capital, constitui o grau máximo de deterioração dos frutos de café e caracteriza-se pela cor preto-opaca do grão de café. De acordo com CARVALHO et alii (1970) este defeito aparece com maior frequência na porção de frutos secos. Quanto mais tempo o café permanecer seco na árvore ou no chão, maior será a incidência de grãos ardidos e pretos (BARTHOLO et alii, 1991).

VALENCIA (1973) e MIGUEL et alii (1988) verificaram que a deficiência hídrica entre a 10. e 20. semanas após o florescimento afetou drasticamente o desenvolvimento dos frutos aumentando a ocorrência de grãos negros no interior dos frutos verdes ou verde amarelados, à medida que se intensificava o estresse.

Condições climáticas caracterizadas por altas umidade e temperatura, o super-amadurecimento, a passagem brusca da estádio verde para o seco (seco anormal), a queda

prematura dos frutos ao solo devido ao ataque de pragas e doenças e a prolongada permanência dos frutos secos no solo ou na árvore, são alguns fatores que favorecem fermentações e infecções microbianas que irão refletir em cafés com pior qualidade da bebida como demonstraram trabalhos de KRUG (1940, 1941, 1945, 1947); BITANCOURT (1957), FRANCO (1960), WOSIAK (1971), CHALFOUN et alii (1984), CARVALHO e CHALFOUN (1985), CARVALHO et alii (1989) e MEIRELLES (1990).

Trabalhos de LAZZARINI e MORAES (1958), PIMENTEL GOMES et alii (1967), TEIXEIRA et alii (1968), TEIXEIRA et alii (1969), TEIXEIRA e PIMENTEL GOMES (1970), TEIXEIRA et alii (1971) e MIYA et alii (1973/74) demonstram que a presença de defeitos grãos verdes, grãos ardidos e grãos pretos deprecia a qualidade da bebida do café.,

Considerando os resultados de CARVALHO et alii (1970) que encontraram na fração de frutos cerejas as menores frequências de defeitos; que os defeitos comprometeram significativamente a qualidade da bebida como demonstraram inúmeros trabalhos, e que o rendimento e peso dos grãos é máximo nos frutos cerejas; ressalta-se a importância de se recolher frutos maduros ou cerejas para a melhoria da qualidade do café:.

GARRUTI e GOMES (1961), GARRUTI et alii (1962), GRANER e GODOY (1967), BEGAZO (1970), TEIXEIRA et alii (1974), NOBRE et alii (1980), FREIRE E MIGUEL (1985), LACERDA et alii (1987) e MATIELLO et alii (1989) ressaltam que a colheita dos frutos maduros [cerejas) seguida de imediata retirada da polpa (despolpamento) é a forma de se

obter um produto de melhor qualidade, independente da região considerada, Estes autores relatam ainda os benefícios do despulpamento, que serão tanto maiores, quando as condições climáticas da região de produção propiciarem o desenvolvimento de fermentações nos frutos,

MEIRELLES (1990) verificou a predominância dos fungos Fusarium, Penicillium, Aspergillus e Cladosporium em frutos de café, também observados por WOSIAK (1971), sendo que os gêneros Aspergillus e Fusarium ocorreram com maior frequência nos cafés de varrição (caídos ao solo) e estavam associados a cafés classificados como de pior qualidade de bebida, concordando com os resultados obtidos por CARVALHO et alii (1989).

O manejo adequado pós-colheita diminui ataques microbianos e fermentações indesejáveis melhorando a qualidade da bebida (BRASIL, 1985). Cuidados tais como dispor o café colhido em camadas finas no terreiro, revolvê-las frequentemente para uma secagem uniforme e evitar o reumedecimento do produto contribuem para a obtenção de um café de boa qualidade, em regiões de clima propício à secagem natural (BACCHI, 1955 e 1956).

O uso da secagem artificial do café estudado por FERRAZ e VEIGA (1957), RIGITANO et alii (1964), TEIXEIRA et alii (1978), McLOY (1979), ARCILA-P (1976), TEIXEIRA et alii (1982) e TEIXEIRA et alii (1989) requer cuidados especiais, uma vez que os trabalhos citados demonstram haver uma estreita interação entre temperatura de secagem e grau de maturação dos frutos. Nesse sentido TEIXEIRA et alii

(1982) verificaram que temperaturas superiores a 30.C na secagem de frutos verdes provocaram o aparecimento do defeito preto-verde, Este defeito caracteriza-se pela coloração preta-brilhante da película prateada enquanto que o endosperma adquire coloração marrom devido à alterações enzimáticas.

Comparativamente aos defeitos verde, ardido e preto, em ligas com cafés de excelente bebida, o defeito preto-verde ou "stinker" (fedorento) é o que mais prejudica a qualidade da bebida. Segundo TEIXEIRA e FAZUOLI (1989) apenas 2% do defeito preto-verde alterou a qualidade da bebida do café.. MIYA et alii (193/74) observaram que a bebida de um café de qualidade intermediária somente foi afetada após a adição de 40% de grãos com defeito denominado verde.

TEIXEIRA et alii (1991) verificaram que os grãos denominados defeito preto-verde e verde pesam menos quando comparados com grãos normais dentro de uma mesma peneira.

2.3. Condutividade Elétrica

Tem sido extensamente estudado o processo de deterioração de sementes, e diversas teorias foram propostas para explicar os detalhes bioquímicos e fisiológicos que caracterizam sua deterioração, como atestam os livros de BARTON (1961), ROBERTS (1972a), McDONALD Jr e NELSON (1986)

e PRIESTLEY (1986).

Há, certamente, mecanismos tão complexos e interdependentes no processo de deterioração que nenhuma teoria simples poderia fornecer explicações definitivas e permitir afirmações taxativas sobre o que é, na realidade, consequência de uma somatória de eventos. Por outro lado, existe uma concordância de que a degeneração das membranas celulares e subsequente perda de controle da permeabilidade, seja um dos primeiros eventos que caracterizam a deterioração, segundo HEYDECKER (1972), SIMON e RAJAHARUM (1972), BERJAK e VILLIERS (1972), VILLIERS (1973), HARRINGTON (1973), VILLIERS e EDGCUMBE (1975), PARRISH e LEOPOLD (1978), SIMON (1978), WILSON Jr e McDONALD Jr (1986), PRIESTLEY (1986) e WOODSTOCK (1988).

Testes para avaliar a qualidade de sementes baseados na perda de integridade das membranas foram desenvolvidos, estudados e utilizados por MATHEWS e BRADNOCK (1968), ABDUL-BAKI e ANDERSON (1972), TAO (1978), McDONALD Jr e WILSON (1979), YAKLICH et alii (1979), STEERE et alii (1981), OLIVEIRA et alii (1984), HEPBURN et alii (1984), MARCOS FILHO et alii (1981), POWELL (1986), SIMON e MATHAVAN (1986), LE DEUNFF et alii (1989), BARROS (1988), LOEFFLER et alii (1988), KUO (1989), MARCOS FILHO et alii (1990), entre outros. Nestes trabalhos as sementes são imersas 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 um condutímetro. Assim sementes com baixo vigor liberam grande quantidade de eletrólitos na solução, resultando em alto valor de condutividade elétrica (WOODSTOCK, 1973 e BEDFORD, 1974), ou em elevadas concentrações de determinados ions, principalmente potássio, como demonstram MARCOS FILHO et alii (1981) e QUEIROGA e PARRA (1989).

De acordo com POWELL (1986), o teste de condutividade elétrica tem base teórica consistente e proporciona resultados reproduzíveis, além de apresentar as vantagens adicionais de ter metodologia simples e fornecer resultados rapidamente.

Com o objetivo de obter resultados uniformes, consistentes e reproduzíveis no teste de condutividade elétrica, KRZYZANOWSKI et alii (1991) recomendam que especial atenção seja dada para os seguintes fatores também observados por outros autores, que podem afetar o teste: teor de umidade inicial (TAU, 1978 e LOEFFLER, 1988); uniformidade da amostra (LOEFFLER, 1981); tempo de embebição e temperatura (SIMON e RAJA HARUM, 1972, TAD, 1978, SIMON e MATHANVAN, 1986, LOEFFLER, 1988 e MARCOS FILHO et alii, 1990).

AMORIM (1978) estudando aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde e relacionando os resultados com a deterioração da qualidade, verificou haver maior lixiviação de potássio nos grãos dos piores cafés.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Metodologia para Análise

A presente pesquisa em sua fase laboratorial foi conduzida em parte no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" onde os materiais foram submetidos aos seguintes testes:

3.1.1. Tear de água dos grãos de café

Avaliado pelo método da estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1976).

3.1.2. Condutividade elétrica

Foram utilizadas duas metodologias, uma de acordo com o Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analyst (AOSA, 1983) e outra de acordo com a proposta per LOEFFLER et alii (1988).

Segundo AOSA (1983) foram utilizadas quatro amostras de 25 grãos de cada parcela, escolhidos sem defeitos, pesadas e imersas em 75 ml de água destilada (na interior de copos de plástico de 180 ml de capacidade) à 20°C .

A **variação** de metodologia proposta por LOEFFLER et alii (1988) consistiu em utilizar quatro amostras de 50 grãos de cada parcela, sem escolha dos grãos defeituosos (pretos, brocados, verdes e ardidos), pesadas [precisão de 0,1g) e imersas em 75 ml de água destilada (no interior de copos de plástico de 180 ml de capacidade) e colocadas em câmara "Stults".

Após determinado período de embebição procedeu-se à leitura da condutividade elétrica da solução, em aparelho DIGIMED CD-20. Os resultados obtidos foram expressos em uS/g de amostra. Resultados preliminares detectaram o menor coeficiente de variação para a relação de 50 grãos/75 ml de água destilada, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de variação (em porcentagem) da medida da condutividade elétrica do exsudato de grãos de café após embebição a diferentes relações número de grãos: volume de água.

| Número de Grãos | Volume de Água ml | | |
|-----------------------|-------------------|------|-------|
| | 50 | 75 | 100 |
| 25 | 7,25 | 6,87 | 13,17 |
| 50 | 4,78 | 2,73 | 17,04 |
| 75 | 7,74 | 6,53 | 8,95 |

3.1.3. Lixiviação de potássio

Após a leitura da condutividade elétrica, a solução sem os grãos foi vertida para recipientes de vidro, dos quais eram removidas alíquotas para determinação da quantidade de potássio lixiviado. A análise de potássio foi realizada em fotômetro de chama DIGIMED NK-2002, sem prévia digestão e com os dados obtidos foi calculado o lixiviado de potássio expresso em PPM/g de amostra.

3.1.4. Determinação da qualidade da bebida

Nos laboratórios de classificação de qualidade do café da UNICAFE - Londrina - PR, da Federação Meridional de Cooperativas Agropecuárias (FEMECCAP) - Campinas - SP, e da Bolsa de Mercadorias e Futuros (BMF) - São Paulo - SP, foi realizada a determinação da qualidade da bebida pela prova de xícara.

Prova de Xícara

De cada amostra foram tomados 100 gramas de café beneficiado, que foram torrados por uma só pessoa, até os grãos atingirem cor achocolatada (ponto de estalo, torração americana). Após a torração o café foi moído em moinhos especiais com granulação média apropriada (tamie de 14 fios por cm). A seguir foi preparada a infusão colocando-se 10 g de pó para 100 ml de água em ponto de 1ª fervura.

Para cada parcela foram preparadas cinco xícaras, que foram provadas por degustadores de elevada competência nos diferentes laboratórios de classificação.

Os resultados da degustação de cada xícara foram reduzidos a valores numéricos, segundo Tabela 3, proposta por GARRUTI e CONAGIN (1961), também utilizada por MIYA et alii (1973/74).

Tabela 3. Características organolépticas e grau de pontuação dos tipos de bebida-padrão em café,

| CLASSIFICAÇÃO DA BEBIDA | CARACTERÍSTICA ORGANOLEPTICA | PONTOS |
|-------------------------|--|--------|
| ESTRITAMENTE MOLE | Bebida de sabor suavíssimo e adocicado | 24 |
| MOLE | Bebida de sabor suave, acentuado e adocicado | 18 |
| APENAS MOLE | Bebida de sabor suave, porém com leve adstringência | 13 |
| DURA | Bebida com sabor adstringente, gosto áspero | 11 |
| RIADA | Bebida com Leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico | 7 |
| RIO | Bebida com sabor forte e desagradável lembrando iodofórmio ou ácido fênico | 1 |

3.1.5. Classificação por tipos

No laboratório de classificação da qualidade do café da Bolsa de Mercadorias e Futuros - São Paulo - SP, foi realizada a classificação por tipos, onde cada amostra foi apreciada sobre cartolina preta, segundo as normas estabelecidas na "Tabela Oficial Brasileira de Classificação" (TEIXEIRA et alii, 1974).

Tabla 4. Tabelas de classificação de cafés crus de acordo com o número de defeitos

TABELA DE EQUIVALENCIA DE DEFEITOS

| | |
|-------------------|----------------|
| 1 Grão preto | I defeito |
| 3 conhas | 1 defeito |
| 5 verdes | 1 defeito |
| 5 quebrados | 1 defeito |
| 2 ardidos | 1 defeito |
| 5 chochos | 1 defeito |
| 1 pedra grande | 2 a 3 defeitos |
| 1 pedra regular | 1 defeito |
| 3 pedras pequenas | 1 defeito |
| 1 pau grande | 1 defeito |
| 1 pau regular | 2 a 3 defeitos |
| 3 paus pequenos | 1 defeito |
| 1 casca grande | 1 defeito |
| 1 coco | I defeito |
| 2 marinheiros | 1 defeito |

TABELAS DE CLASSIFICAÇÃO

LATAS DE 300 GRAMAS

| DEFEITOS | TIPOS | PONTOS | DEFEITOS | TIPOS | PONTOS |
|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 4 | 2 | +100 | 49 | 5 - 5 | - 55 |
| 4 | 2 - 5 | t 95 | 53 | 5 - 10 | - 60 |
| 5 | 2 - 10 | t 90 | 57 | 5 - 15 | - 65 |
| 6 | 2 - 15 | + 85 | 61 | 5 - 20 | - 70 |
| 7 | 2 - 20 | + 80 | 64 | 5 - 25 | - 75 |
| 8 | 2 - 25 | + 75 | 68 | 5 - 30 | - 80 |
| 9 | 2 - 30 | + 70 | 71 | 5 - 35 | - 85 |
| 10 | 2 - 35 | + 65 | 75 | 5 - 40 | - 90 |
| 11 | 2 - 40 | t 60 | 86 | 6 | -100 |
| 12 | 3 | + 50 | 93 | 6 - 5 | -105 |
| 13 | 3 - 5 | + 45 | 100 | 6 - 10 | -110 |
| 15 | 3 - 10 | t 40 | 108 | 6 - 15 | -115 |
| 17 | 3 - 15 | t 35 | 115 | 6 - 20 | -120 |
| 18 | 3 - 20 | + 30 | 123 | 6 - 25 | -125 |
| 19 | 3 - 25 | + 25 | 130 | 6 - 30 | -130 |
| 20 | 3 - 30 | t 20 | 138 | 6 - 35 | -135 |
| 22 | 3 - 35 | + 15 | 145 | 6 - 40 | -140 |
| 23 | 3 - 40 | t 10 | 153 | 6 - 45 | -145 |
| 25 | 3 - 45 | + 5 | 160 | 7 | -150 |
| 26 | 4 | Base | 180 | 7 - 5 | -155 |
| 28 | 4 - 5 | - 5 | 200 | 7 - 10 | -160 |
| 30 | 4 - 10 | - 10 | 220 | 7 - 15 | -165 |
| 32 | 4 - 15 | - 15 | 240 | 7 - 20 | -170 |
| 34 | 4 - 20 | - 20 | 260 | 7 - 25 | -175 |
| 36 | 4 - 25 | - 25 | 280 | 7 - 30 | -180 |
| 38 | 4 - 30 | - 30 | 300 | 7 - 35 | -185 |
| 40 | 4 - 35 | - 35 | 320 | 7 - 40 | -190 |
| 42 | 4 - 40 | - 40 | 340 | 7 - 45 | -195 |
| 44 | 4 - 45 | - 45 | 360 | 8 | -200 |
| 46 | 5 - | - 50 | | | |

3.2. Metodologia para Obtenção dos Tratamentos

Foi realizada uma série de experimentos visando estudar a condutividade elétrica de grãos de café e os fatores que podem influenciá-la.

Na análise estatística das diversas etapas deste trabalho utilizou-se o Sistema de Análise Estatística (SANEST) para microcomputadores (ZONTA et alii, 1984).

3.2.1. Determinação da composição química da solução do exsudato de grão de café

Em cinco lotes de grãos de café beneficiado provenientes de regiões e safras diferentes, foi determinada a condutividade elétrica conforme recomendação da AOSA (1983) descrita no item 3.1.2.

Na solução resultante após a embebição dos grãos, foi determinada sua composição química nos laboratórios da Seção de Radioquímica e Química Analítica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP em Piracicaba - SP.

Os íons analisados e os métodos utilizados foram os seguintes:

- Potássio (K) e Sódio (Na): Fotometria de Chama.
- Amônia (NH_4): Método turbidimétrico com análise de injeção em fluxo contínuo.
- Cloro (Cl) e Nitrato (NO_3): Método Colorimétrico.
- Magnésio (Mg); Fósforo (P); Cálcio (Ca), Manganês (Mn) e Boro (B): Análise por Plasma Induzido de Argônio.

APÓS estas determinações foi calculada a porcentagem de lixiviação de potássio e o coeficiente de determinação entre os íons avaliados e a condutividade elétrica do exsudato. Foi determinado também a qualidade da bebida conforme item 3.1.4.

3.2.2. Cinética de absorção de água, lixiviação de potássio e evolução da condutividade elétrica do exsudato de grãos de café

Esta pesquisa objetivou conhecer a cinética de absorção de água, lixiviação de potássio e evolução da condutividade elétrica de grãos de café cru imersos em água. Para tal foram separados os grãos que passaram em peneira 18/64" e retidos na peneira 17/64" sem defeitos, de três lotes diferentes. Um lote de café cv. Mundo Novo proveniente de Londrina, safra 90/91, caracterizado como bebida rio; outro lote de café cv. Catuaí proveniente de Mococa, safra 91/92, despulpado, bebida mole, e o terceiro Lote de café cv. Mundo Novo proveniente de Piracicaba, safra 91/92, bebida dura. Form separadas de cada lote 52 amostras com 10 grãos perfeitos cada uma, pesadas e imersas em 100 ml de água destilada (no interior de copos plásticos), em germinador da marca "Stults" à 25°C. A cada 30 minutos, até se completarem 5 horas de embebição; 4 amostras eram retiradas da câmara, e determinadas suas condutividades elétricas. A seguir os grãos eram separados da solução, levemente enxugados com papel absorvente para retirada da água superficial, pesados em balança com precisão de 0,001 g

A solução com os eletrólitos era vertida em frascos de vidro onde por leitura direta em fotômetro de chama foi obtido o teor de potássio lixiviado em ppm. Após 12, 18 e 24 horas de embebição este procedimento foi repetido.

A instalação deste experimento obedeceu ao delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (lotes) x 13 (períodos de embebição) com quatro repetições. A análise estatística dos dados foi feita de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 5. Foram estatisticamente avaliados os efeitos de períodos de embebição dentro de lotes, assim como os de lotes dentro de períodos de embebição.

Tabela 5. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica, grau de umidade e lixiviação do potássio.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|---------------------------|--------------------|
| Lotes (L) | 2 |
| Períodos de Embebição (P) | 12 |
| L x P | 24 |
| Resíduo | 118 |
| Total | 156 |

3.2.3. Efeito do genótipo sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café

Para verificar o efeito do genótipo sobre a condutividade elétrica de grãos de café cm, obtiveram-se junto à Seção de Genética do Instituto Agronômico, em Campinas (IAC) sementes de materiais que faziam parte de um ensaio de competição de cultivares. O ensaio, instalado na Estação Experimental de Campinas do IAC, constava dos seguintes cultivares: Bourbon Amarelo, Bourbon Vermelho, Icatu Amarelo; Icatu Vermelho, Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho, Caturra Amarelo, Catura Vermelho, Mundo Novo, Acaiá e Arábica. De cada cultivar foram obtidos 300 gramas de sementes despulpadas, que foram colocadas em ambiente do laboratório para uniformizar a umidade durante três semanas, quando foram descascadas, escolhidas (retirada do defeitos), separadas 4 repetições de 25 grãos, pesadas e imersas em 75 ml de água destilada a 20°C (AOSA, 1983). Após 3,5 horas de embebição procedeu-se a leitura da condutividade elétrica em condutivímetro DIGIMED-CD-20 e expresso o resultado em $\mu\text{S/g}$. O grau de umidade foi determinado para cada cultivar conforme item 3.1.1. A prova de xícara de cada cultivar foi realizada em Campinas somente, conforme item 3.1.4.

A instalação deste experimento obedeceu delineamento inteiramente casualizado com 11 tratamentos (cultivares) e quatro repetições. A análise estatística dos dados obedeceu ao esquema de análise de variância mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. Esquema de análise de variância dos dados de condutividade elétrica.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|--------------------|--------------------|
| Cultivares | 10 |
| Residua | 33 |
| Total | 43 |

3.2.4. Efeito do tamanho dos grãos de café sobre a condutividade elétrica do exsudato

O efeito do tamanho dos grãos (peneiras) sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café foi estudado, e para isso, três lotes de café foram utilizados. Dois lotes eram provenientes da ESALQ - Piracicaba - SP, e um da Estação Experimental do IAC em Pindorama - SP. Os lotes foram descascados em máquina para mostras. marca PINHALENSE e em seguida foram separadas nos diferentes tamanhos através da passagem do material original na seguinte sequência de peneiras: peneira 20, crivo redondo, peneira 19, crivo redondo, peneira 18, crivo redondo, peneira 12, crivo oblongo, peneira 17, crivo redondo, peneira 11, crivo oblongo, peneira 16, crivo redondo, peneira 10, crivo oblongo, peneira 15, crivo

redondo, peneira 9, crivo oblongo, peneira 14, crivo redondo, peneira 13, crivo redondo, peneira 8, crivo oblongo, peneira 12, crivo redondo. Após o beneficiamento os grãos retidos em cada peneira foram pesados e foi calculada a porcentagem de grãos retidos considerando sua relação com o peso do material original de 100 gramas. Das peneiras que retiveram quantidades mais significativas de grãos foram tomadas quatro amostras de 25 grãos perfeitos, e procedeu-se ao teste de condutividade elétrica segundo metodologia proposta pela AOSA (1983) após 3,5 horas de embebição. O grau de umidade dos grãos de cada peneira foi determinado conforme item 3.1.1.

Para cada lote utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos (peneiras) e quatro repetições conforme esquema da análise de variância mostrado na Tabela 7.

Tabela 7. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|--------------------|--------------------|
| Peneiras | 6 |
| Resíduo | 21 |
| Total | 27 |

3.2.5. Efeito do teor de água dos grãos de café sobre a condutividade elétrica

Para estudar a influência do teor de água dos grãos de café cru sobre a condutividade elétrica de seu exsudato foram utilizados dois lotes obtidos na ESALQ, Piracicaba, colhidos em setembro de 1991. Um lote era de café cv. Mundo Novo e outra da cv. Catuaí. Ambos foram colocados para secar em terreiro de cimento. Ao atingir um teor de água que possibilitou seu armazenamento, aproximadamente 12%, foi tomada a primeira porção de 2 kg de café em coco para a obtenção do primeiro tratamento. Cada porção de 2 kg foi colocada em recipiente de vidro hermeticamente fechado para evitar trocas de umidade. A cada dia durante cinco dias seguidos foram tomadas, as porções como descrito anteriormente, perfazendo um total de cinco tratamentos. Após 30 dias todos os recipientes foram abertos, procedeu-se o beneficiamento dos frutos e separaram-se apenas os grãos retidos na peneira 17 para constituir as parcelas dos tratamentos. Destas, uma porção foi destinada a determinação do teor de água, conforme 3.1.1., e em outra porção foi determinada a condutividade elétrica conforme item 3.1.2. (LOEFFLER et alii, 1988).

A instalação deste experimento obedeceu ao delineamento inteiramente casualizado com 5 (cinco) tratamentos e quatro repetições. A análise estatística dos dados obedeceu ao esquema de análise de variância mostrado na Tabela 8.

Tabela 8. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|---------------------------|--------------------|
| Teor de Água ^c | 4 |
| Resíduo | 15 |
| Total | 19 |

3.2.6. Efeito dos grãos defeituosos sobre a condutividade elétrica do exsudado

Foram obtidas amostras de café cultivar Mundo Novo, safra 1991/92, do Departamento de Agricultura da ESAIQ - Piracicaba e separados os grãos com defeitos grão verde, grão brocado, grão ardido, grão preto e grão preto-verde ou "stinker" conforme descrição de TEIXEIRA et alii (1974).

Para a obtenção dos defeitos Foi colhida uma porção de aproximadamente 2 kg de uma mistura de frutos verdes e cerejas que foi colocada em secador a 45°C até atingir 12% de umidade. Os frutos após secos foram beneficiados e separados os grãos defeituosos com dimensões (tamanho) semelhantes.

Foram separadas 4 repetições de 10 grãos de cada tipo de defeito para nelas determinar o peso dos grãos, em balança de precisão de 0,001 g; a condutividade elétrica, após imersão dos grãos em 100 ml de água destilada (no interior de copos plásticos) a 25°C por 3,5 horas; a lixiviação de potássio na solução após 3,5 horas de embebição e o teor de umidade dos grãos denominados defeitos conforme descrito no item 3.2.1.

Para a instalação deste experimento foi obedecido o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. A análise estatística foi realizada conforme esquema de análise de variância mostrada na Tabela 9.

Tabela 9. Esquema da análise de variância dos dados de peso dos grãos, condutividade elétrica, potássio lixiviado e grau de umidade.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|--------------------|--------------------|
| Tipo de Defeito | 5 |
| Resíduo | 24 |
| Total | 29 |

3.2.7. Efeito de quantidades crescentes de frutos colhidos no estágio da maturação verde sobre a condutividade elétrica.

Em dois locais(Piracicaba - SP e Patrocínio - MG), foi colhida uma mistura de frutos verdes e cerejas de café cultivar Mundo Novo linhagem LCP 388-17.

Desta mistura separaram-se manualmente os frutos verdes dos frutos cerejas e em seguida foram compostos os seguintes tratamentos com 4 repetições cada um:

T₁ - 100% de frutos cereja (1000g)

T₂ - 90% de frutos cereja (900g) + 10% de frutos verdes (100g)

T₃ - 80% de frutos cereja (800g) + 20% de frutos verdes (200g)

T₄ - 70% de frutos cereja (700g) + 30% de frutos verdes (300g)

T₅ - 60% de frutos cereja (600g) + 40% de frutos verdes (400g)

A seguir as parcelas foram secadas em ambiente de laboratório, Os tratamentos provenientes de Piracicaba foram obtidos dia 22/08/1991 e secos durante o período 23/08/91 a 31/08/91. Os tratamentos provenientes de Patrocínio foram obtidos em 10/09/91 e secos em ambiente de laboratório durante o período 11/09/91 a 30/09/91. Após, o café seco foi armazenado por um mês em ambiente de laboratório e em seguida foi beneficiado em máquina para limpeza de amostras marca PINHALENSE.

De cada parcela separaram-se 4 amostras de 50 sementes as quais, após pesadas e imersas em 75 ml de água destilada no interior de copos de plástico a 25°C durante 3,5 horas, foram submetidas à avaliação da condutividade elétrica em condutímetro DIGIMED CD-20. No exsudato de cada parcela foi determinada a quantidade de potássio em fotômetro de chama e os resultados expressos em ppm/grama. De cada parcela separaram-se 150 gramas nos quais foram determinados o tipo e a qualidade de bebida no laboratório de classificação de café da Bolsa de Mercadorias e Futuros em São Paulo - SP.

Cada um dos parâmetros avaliados foi analisado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. A análise estatística dos dados foi feita de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 10.

Tabela 10. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica, potássio lixiviado, número de defeitos e qualidade de bebida.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|------------------------------|--------------------|
| Porcentagem de Frutos Verdes | 4 |
| Residua | 15 |
| Total | 19 |

3.2.8. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos.

Em lavoura de café Mundo Novo linhagem LCP 388-17 pertencente ao Departamento de Agricultura da ESALQ, em Piracicaba foi colhida uma mistura de frutos verdes e cerejas de café aos vinte e sete dias do mês de maio de 1991.

Desta mistura foram separados manualmente os frutos cerejas dos verdes e em seguida de cada estágio de maturação foram compostas dezesseis parcelas de 600 gramas cada uma distribuídas no interior de bandejas. Cada quatro parcelas de frutos cerejas e verdes foram postas a secar simultaneamente à diferentes temperaturas constituindo os seguintes tratamentos:

1. Secagem natural à temperatura do ambiente de laboratório, a qual foi monitorada por termohidrografo conforme Figura 1.
2. Secagem artificial em estufa de circulação forçada de ar a 30°C.
3. Secagem artificial em estufa de circulação forçada de ar à 45°C.
4. Secagem artificial em estufa de circulação forçada de ar à 60°C.

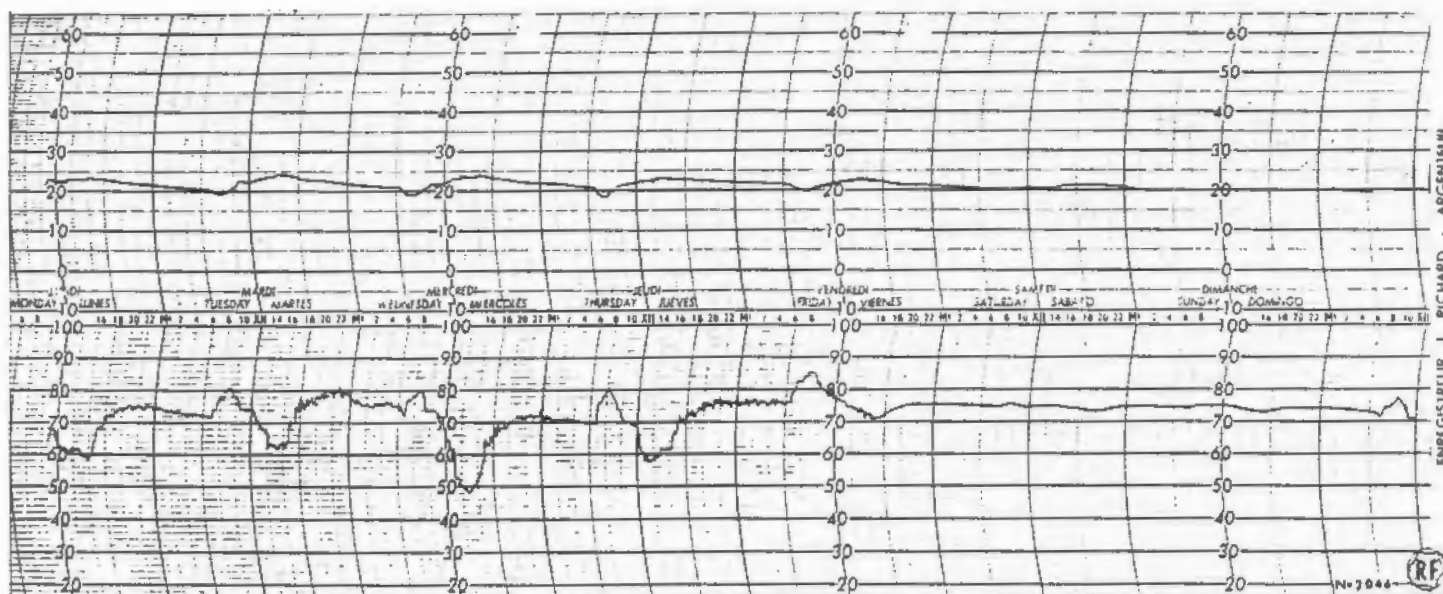
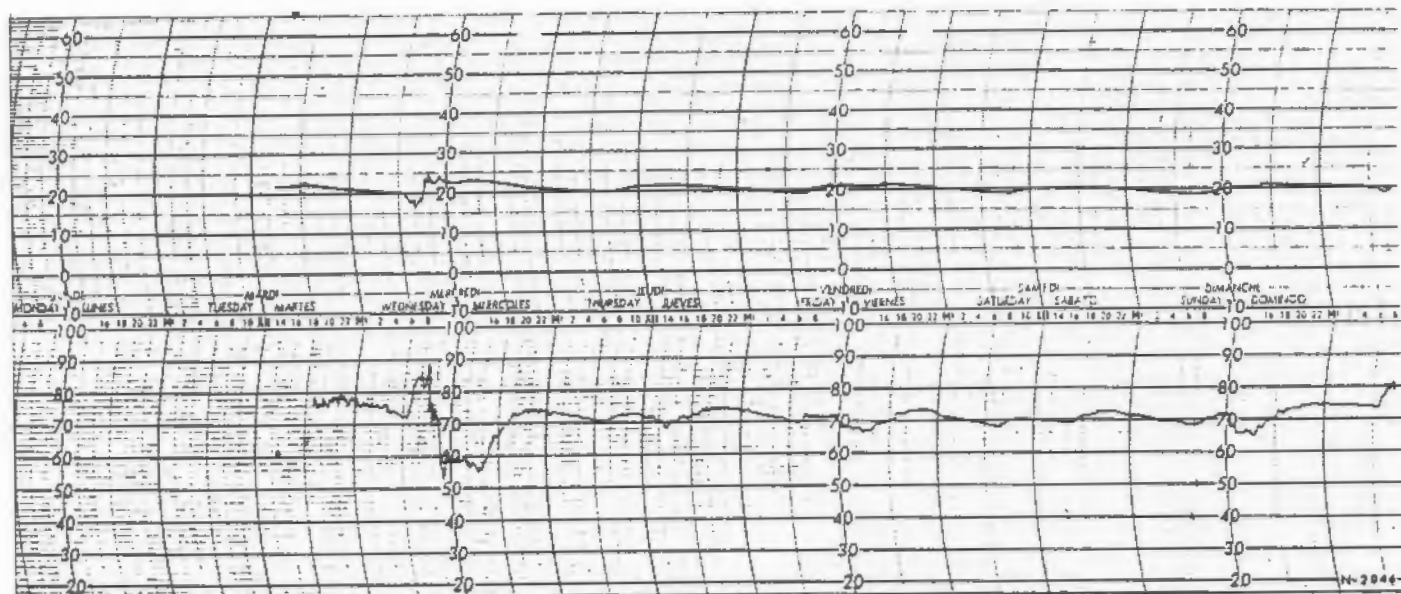


Figura 1. Dados de temperatura e umidade relativa do ar, durante a secagem natural no laboratório.

O grau de umidade inicial dos frutos cerejas e verdes antes de iniciar a secagem eram respectivamente de 69,7% e 71,5%. A temperatura da massa de frutos durante toda a duração do experimento foi monitorada com a colocação de termômetros dentro das parcelas, a qual correspondeu perfeitamente às diferentes temperaturas selecionadas.

Tomando por base o teor de água inicial e o peso de cada parcela, calculou-se o peso final de cada parcela quando os frutos atingiam 12% de umidade final.

A partir disto, periodicamente as parcelas foram pegadas e finalmente retiradas da estufa ao atingirem 12% de umidade.

A seguir as parcelas ficaram armazenadas em ambiente de laboratório por três semanas, para uniformização do grau de umidade. Vencido este período de tempo cada parcela foi descascada em máquina para retirada de amostras marca PINHALENSE.

De cada parcela foram separados e pesados os grãos normais, verdes, verde-escuros, pretos e preto-verdes brilhantes. A seguir foi calculada a porcentagem de grãos classificados em cada coloração. Após este cálculo os grãos de cada parcela foram misturados e homogeneizados e a seguir retirou-se de cada parcela quatro amostras de 50 sementes as quais, após pesadas e imersas em 75 ml de água destilada no interior de copos de plástico a 25°C durante 3,5 horas foram submetidas a análise da condutividade elétrica em condutímetro DIGIMED-CD-20. No exsudato de cada parcela foi determinada a quantidade de potássio em fotômetro de chama e os resultados expressos em ppm/grama.

De cada parcela foram determinados o tipo e a qualidade da bebida no laboratório de classificação de café da Bolsa de Mercadorias e Futuros em São Paulo - SP.

A instalação deste experimento obedeceu ao delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 (Estádios de Maturação) x 4 (Temperaturas de Secagem) com quatro repetições. A análise estatística dos dados foi feita de acordo com esquema de análise de variância mostrado na Tabela 11.

Tabela 11. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica, potássio lixiviado, número de defeitos e qualidade de bebida.

| Causas de Variação | Graus de Liberdade |
|----------------------------|--------------------|
| Estádio de Maturação (M) | 1 |
| Temperatura de Secagem (S) | 3 |
| M x S | 3 |
| Resíduo | 24 |
| Total | 31 |

3.2.9. Efeito de locais e tipos de colheita sobre a condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café

Em dez locais, realizou-se a colheita de frutos de café no estadio de **maturação cereja**, seguido de despulpamento; frutos de café em diferentes estádios de **maturação** **derrichados** no pano, constituindo **assim** uma mistura; e frutos de café no estadio de **maturação seco** recolhidos do **chão**, denominado café de **varrição**. Cada **porção** era constituída de aproximadamente 12 **kilogramas** de café em **coco**.

Os locais de coleta **constam** da Figura 2.

Após a colheita os frutos de café **form** **secos** até 12% de umidade e **permaneceram** **armazenados** até novembro de 1991, no interior de sacos de juta, em ambiente apropriado na sala de sementes do D.A.H. / ESALQ, Piracicaba.

Em novembro de 1991, os diferentes lotes foram subdivididos em cinco amostras de **dois** litros cada uma. Estas foram beneficiadas em máquina para retirada de amostra marca **PINHALENSE**. Em seguida cada amostra foi subdividida em **três** sub-amostras de 100 **gramas**, as quais foram embaladas em sacos plásticos devidamente identificados com **numeração** de I a 150, constituindo assim três grupos de 150 amostras.

Cada grupo de 150 amostras foi enviado aos **locais** para **determinação** da qualidade da bebida conforme item 3.1.4.



Figura 2. Locais de coleta dos lotes de café despolpado, mistura e varrição durante o período de Junho a setembro de 1991.

Na porção restante de cada amostra foram separadas quatro repetições de 50 grãos sem escolha, as quais foram pesadas e imersas em 75 ml de água destilada, no interior de copos de plástico de 180 ml de capacidade, e colocados em câmara a 25°C por 3,5 horas. Após este período de embebição, procedeu-se a leitura da condutividade elétrica da solução em condutivímetro DIGIMED-CD-20. Os valores obtidos em cada local de colheita foram submetidos a análise estatística segundo o esquema de variância mostrado na Tabela 12. Foram analisadas as correlações entre as variáveis estudadas e os intervalos de confiança entre qualidade da bebida e condutividade elétrica.

Tabela 12. Esquema da análise de variância dos dados de condutividade elétrica e qualidade de bebida

| Causa de Variação | Graus de Liberdade |
|-------------------|--------------------|
| Colheita (C) | 2 |
| Provador (P) | 2 |
| C x P | 4 |
| Residuo | 36 |
| Total | 44 |

4. RESULTADO

4.1. Determinação da composição química da solução do exsudato de grão de café

Os dados contidos na Tabela 13 provenientes de testes preliminares visaram fornecer informações importantes para direcionar os trabalhos subsequentes.

Na Tabela 13 observa-se que os valores de condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café guardam uma relação inversa com a qualidade do café, avaliada pela prova de xícara. Assim o lote de café proveniente de Mococa - SP, safra 91-92, de bebida male apresentou o menor valor de condutividade elétrica, enquanto que o lote de café proveniente de Londrina - PR, safra 90-91 de bebida rio apresentou o maior valor de condutividade elétrica.

A quantidade de ions que foram lixiviados para a solução, estão diretamente relacionados com os valores de condutividade elétrica, uma vez que as cargas elétricas destes ions é que são medidas.

Entre todos os ions determinadas, destacou-se o ion potássio. pois foi o ion lixiviado em maior quantidade e que apresentou a maior relação com a condutividade elétrica, com um coeficiente de determinação de 0.995 ou 99,95%. Observa-se também uma grande quantidade de ions amônia (NH_4) e cloro (Cl) presentes no exsudato.

Tabela 13. Composição química da solução (exsudato) de amostras de grãos de café cru, e sua relação com a condutividade elétrica (C.E.) após 24 horas de embebição a 20°C

| Características parâmetros | Lotes | | | | | r ² com C.E. |
|-------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| avaliados | | | | | | |
| Fonte | Mococa - SP | Machado-MG | Machado-MG | Londrina-PR | Londrina-PR | - |
| Safra | 91 - 92 | 91-92 | 90-91 | 90-91 | 90-91 | - |
| Bebida | Mole | Mole | Ap. mole | Dura | Rio | - |
| C.E. µS/g | 111,85 | 205,10 | 314,60 | 346,60 | 379,00 | 1,00 |
| K ppm/g | 33,06 | 67,15 | 107,99 | 120,83 | 134,66 | 0,99 |
| NH ₄ ppm/g | 3,84 | 12,66 | 40,03 | 40,27 | 51,53 | 0,96 |
| Cl ppm/g | 6,06 | 11,83 | 15,07 | 21,44 | 19,68 | 0,91 |
| Mg ppm/g | 1,23 | 4,26 | 10,25 | 10,06 | 11,34 | 0,97 |
| P ppm/g | 1,05 | 2,93 | 5,67 | 5,94 | 6,02 | 0,97 |
| Ca ppm/g | 0,91 | 2,03 | 2,69 | 3,43 | 4,02 | 0,96 |
| Na ppm/g | 0,07 | 0,18 | 0,22 | 0,21 | 0,19 | 0,71 |
| Mn ppm/g | 0,01 | 0,03 | 0,11 | 0,09 | 0,14 | 0,90 |
| NO ₃ ppm/g | 0,14 | 0,02 | 0,14 | 1,02 | 0,05 | 0,15 |
| B ppm/g | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,71 |
| Lixiviação K% | 70,9 | 66,3 | 59,1 | 59,6 | 59,0 | - |

4.2. Cinética de absorção de água, lixiviação de potássio e evolução da condutividade elétrica do exsudato do grãos de café

A avaliação da condutividade elétrica do exsudato, da lixiviação de potássio e do grau de umidade, obtidos após vários períodos de embebição, permitiu descrever o padrão de absorção de água e lixiviação de solutos pelas amostras de três lotes de café comparados. Neste estudo, mostraram-se significativos os efeitos dos fatores Lotes, Períodos de Embebição, e as interações destes, como revelaram os valores de "F" resultantes da análise de variância dos dados conforme Tabela 14.

Tabela 14. Resumo da análise de variância dos dados de condutividade elétrica (C.E.), grau de umidade e lixiviação de potássio.

| Causas de Variação | Grau de Liberdade | Valores de "F" | | |
|--------------------------------|----------------------|----------------|----------|----------|
| | | C.E. | Umidade | Potássio |
| Lotes (L) | 2 | 616,62** | 137,37** | 749,37** |
| Períodos de Embebição (P) | 12 | 233,26** | 318,15** | 236,34** |
| L x P | 24 | 23,46** | 1,75* | 23,67** |
| Resíduo | 118 | - | - | - |
| Total | 156 | | | |
| Coeficiente de Variação (%) | | 17,44 | 2,95 | 15,47 |

** indica $P < 0,01$

* indica $P < 0,05$

As **variações** observadas entre os lotes mantiveram-se independentes do **parâmetro** avaliado. Assim os lotes de café diferiram entre si e na **mesma** ordem para os valores de condutividade elétrica do exsudato (Tabela 15); **lixiviação** de potássio (Tabela 16) e **grau** de umidade após embebição (Tabela 17).

As **variações** observadas entre os lotea sugerem a existência de alguma relação entre, **características** peculiares de cada lote e a absorção de **água** e lixiviação de solutos pelos **grãos** de café.

Foram também observadas diferenças **significativas** entre a condutividade elétrica do exsudato (Tabela 15), lixiviação de potássio (Tabela 16) e **grau** de umidade [Tabela 17) após os 13 períodos de embebição testados.

Pode-se **observar** nas Tabelas 15,16 e 17 a evolução dos **parâmetros analisados** indicando que ocorre uma acelerada lixiviação de eletrólitos para a solução à medida que os **grãos** de café absorvem **água** aumentando o **grau** de umidade.

Tabela 15. Valores de condutividade elétrica, em $\mu\text{S/g}$, do exsudato de grãos de café resultantes de amostras de três lotes de café submetidos a 13 períodos de embebição.

| Período de Embebição (Horas) | Lotes | | |
|------------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| | Londrina Beb. Rio | Piracicaba Beb. Dura | Mococa Beb. Mole |
| 0,5 | 25,66 A | 20,66 A | 13,57 A |
| 1,0 | 40,55 A | 29,41 A | 14,13 A |
| 1,5 | 55,79 A | 37,18 AB | 16,12 B |
| 2,0 | 77,32 A | 45,45 B | 21,31 B |
| 2,5 | 111,13 A | 48,38 B | 30,78 B |
| 3,0 | 118,67 A | 51,19 B | 28,11 B |
| 3,5 | 127,76 A | 56,74 B | 28,54 C |
| 4,0 | 123,41 A | 73,60 B | 25,76 C |
| 4,5 | 160,03 A | 73,86 B | 32,84 C |
| 5,0 | 163,13 A | 75,83 B | 41,28 C |
| 12,0 | 306,75 A | 128,86 B | 64,33 C |
| 18,0 | 345,50 A | 178,10 B | 120,70 C |
| 24,0 | 366,86 A | 243,56 B | 144,96 C |
| - | | | |
| X | 155,58 A | 81,76 B | 44,65 C |

Medias seguidas por letras distintas, nas linhas, diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 16. Valores de lixiviação de potássio em ppm/g, do exsudato de grãos de café resultantes de amostras de três lotes de café submetidos a 13 períodos de embebição.

| Período de Embebição (Horas) | Lotes | | |
|------------------------------------|----------|------------|-----------|
| | Londrina | Piracicaba | Mococa |
| | Beb. Rio | Beb. Dura | Beb. Mole |
| 0,5 | 10,62 A | 8,27 A | 4,51 A |
| 1,0 | 17,26 A | 10,42 AB | 5,27 B |
| 1,5 | 21,88 A | 12,57 B | 6,50 B |
| 2,0 | 28,03 A | 15,17 B | 8,10 B |
| 2,5 | 37,45 A | 16,84 B | 11,61 B |
| 3,0 | 38,91 A | 17,82 B | 9,79 C |
| 3,5 | 41,13 A | 19,69 B | 9,96 C |
| 4,0 | 38,79 A | 24,42 B | 9,09 C |
| 4,5 | 50,42 A | 24,42 B | 11,78 C |
| 5,0 | 49,71 A | 23,53 B | 15,28 C |
| 12,0 | 92,66 A | 38,64 B | 21,38 C |
| 18,0 | 102,62 A | 54,97 B | 35,02 C |
| 24,0 | 109,74 a | 72,07 B | 41,78 C |
| - | | | |
| X | 49,17 A | 26,06 B | 14,62 C |

Médias seguidas por letras distintas, nas linhas, diferem significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Tabela 17. Valores de grau de umidade em porcentagem, de grãos de café após embebição, resultantes de amostras de três lotes submetidos a 13 períodos de embebição.

| Período de Embebição (Horas) | Lotes | | |
|------------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| | Londrina Beb. Rio | Piracicaba Beb. Dura | Mococa Beb. Mole |
| 0,0 | 11,09 | 11,50 | 12,80 |
| 0,5 | 24,84 A | 24,31 A | 22,57 A |
| 1,0 | 30,05 A | 28,26 AB | 25,44 B |
| 1,5 | 34,69 A | 32,21 AB | 29,49 B |
| 2,0 | 39,91 A | 36,82 B | 32,72 B |
| 2,5 | 47,26 A | 38,78 B | 38,40 B |
| 3,0 | 47,72 A | 41,23 B | 39,10 B |
| 3,5 | 48,79 A | 43,79 B | 39,62 C |
| 4,0 | 48,52 A | 45,40 A | 40,61 B |
| 4,5 | 51,78 A | 45,40 B | 42,70 B |
| 5,0 | 45,65 A | 43,55 B | 44,42 B |
| 12,0 | 58,87 A | 52,95 B | 51,07 B |
| 18,0 | 59,76 A | 55,35 B | 54,76 B |
| 24,0 | 59,53 A | 56,89 AB | 56,016 E |
| - | | | |
| X | 46,23 A | 42,04 B | 39,53 C |

Medias seguidas por letras diferentes, nas linhas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A partir de três horas e trinta minutos de embebição os lotes alcançaram níveis distintos de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e teor de água nos grãos, observados respectivamente nas Tabelas 15, 16 e 17 podendo ser diferenciados entre si. Por esta razão, esse período passou a constituir uma referencia para as fases posteriores deste trabalho.

Nas Figuras 3, 4 e 5, pode-se visualizar o progresso na absorção de água [grau de umidade) e lixiviação de solutos (lixiviação de potássio e condutividade elétrica) pelas amostras de grãos de café. Nestas Figuras distingue-se um período de aumento exponencial de taxa de absorção de água seguido de um período de aumento linear desta taxa.

O padrão de aumento da condutividade elétrica e da lixiviação de potássio foram semelhantes entre si dentro de cada lote analisado. No entanto o comportamento destes parâmetros diferiram entre os lotes (Figuras 3, 4 e 53, explicado os elevados valores de "F" para a interação Lotes x Períodos de Embebição (Tabela 14).

A análise de regressão Linear relacionando os valores de condutividade elétrica (C.E.) e lixiviação de potássio (R) foram significativos, com coeficiente de determinação (r^2) de 99,61%. A equação que expressa esta relação e a seguinte: $C.E. = - 8,46 + 3,42 K$.

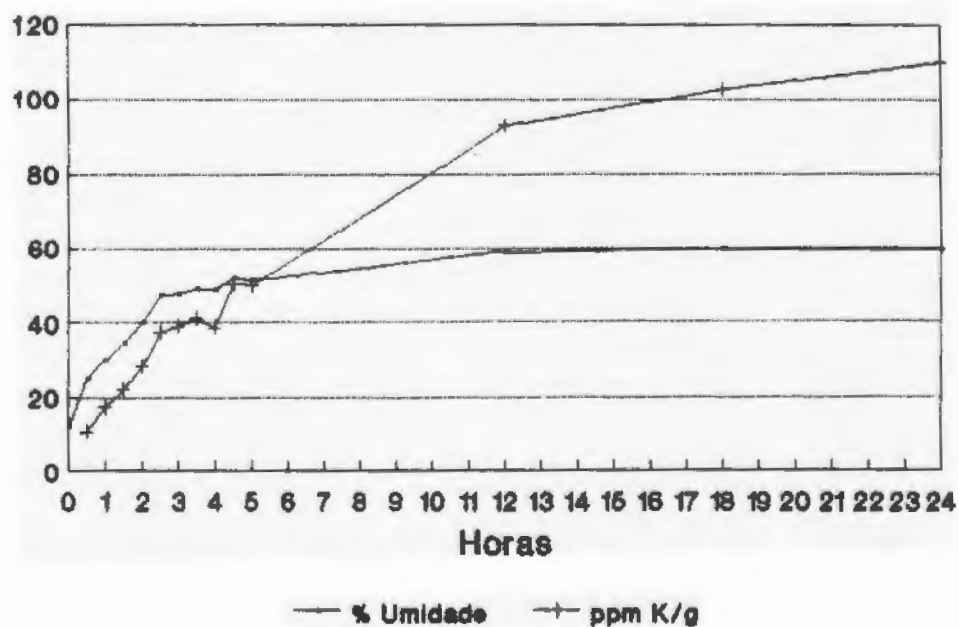
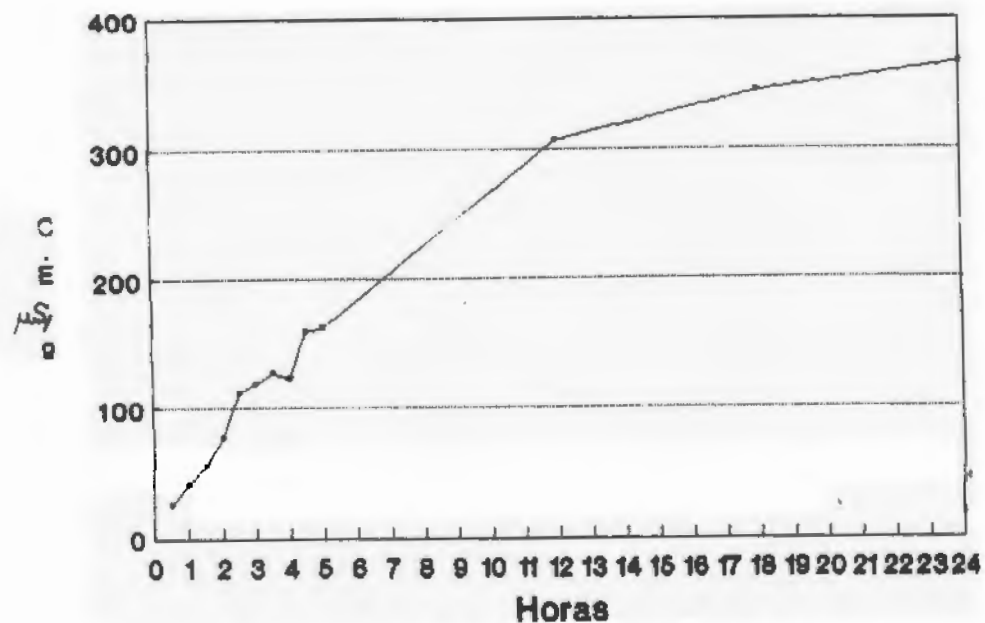


Figura 3. Evolução da condutividade elétrica (C.E.); grau de umidade e lixiviação de potássio (K) de grãos de café bebida rio proveniente de Londrina - PR.

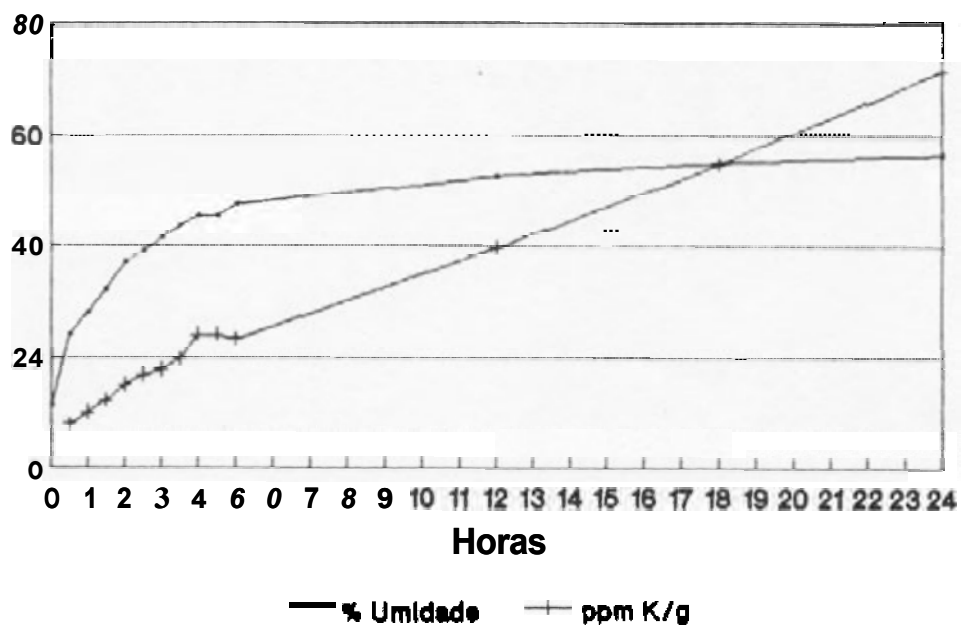
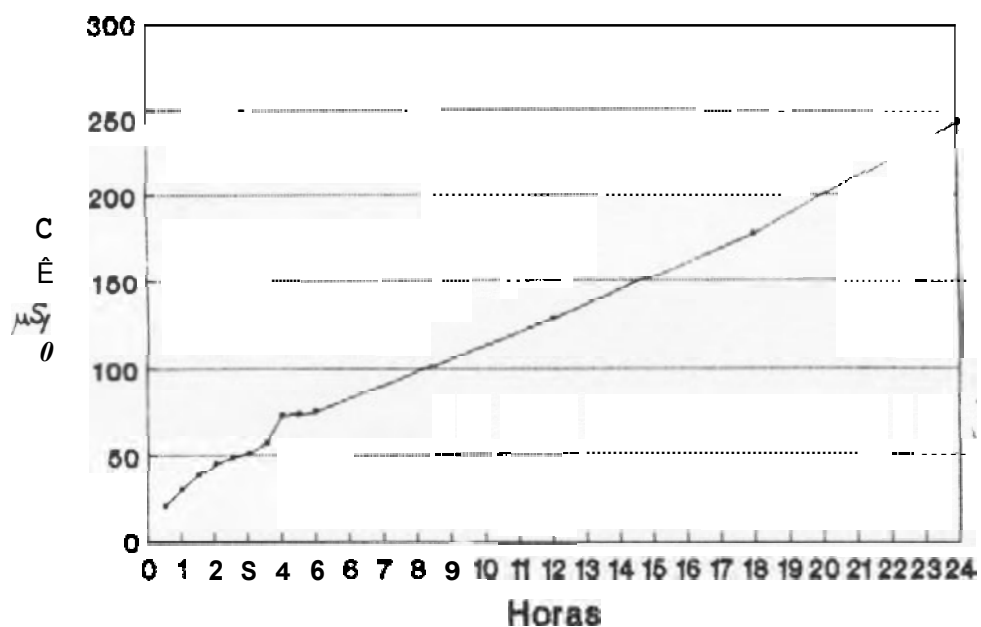


Figura 4. Evolução da condutividade elétrica (C.E.); grau de umidade e lixiviação de potássio (K) de grãos de café bebida dura proveniente de Piracicaba - SP.

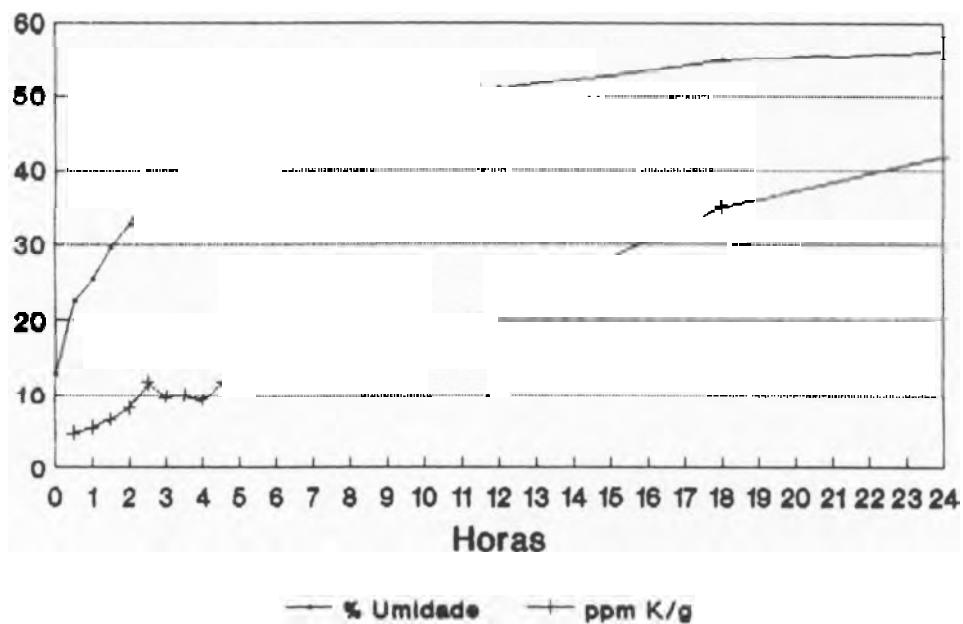
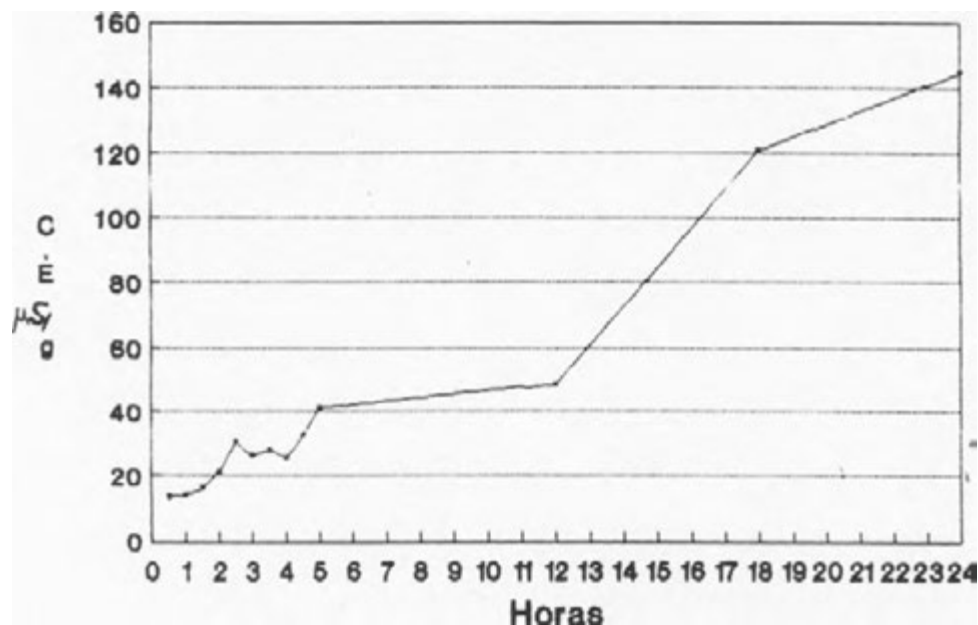


Figura 5. Evolução da condutividade elétrica (C.E.); grau de umidade e lixiviação de potássio (K) de grãos de café bebida mole proveniente de Mococa - SP.

4.3. Efeito do genótipo sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café

A análise de variância indicou a existência de diferenças significativas entre os cultivares de café arábica conforme Tabela 18.

A determinação da qualidade da bebida através da prova de xícara foi realizada somente no Laboratório de Classificação de Café da FEMECAP em Campinas - SP; sendo que os resultados não foram submetidos à análise estatística por não terem sido encontradas diferenças entre os cultivares quanto à essa característica. Todos os cultivares apresentaram bebida caracterizada como dura. Algumas nuances da bebida foram observadas, as quais estão entre parênteses na Tabela 18.

Nesta Tabela, observa-se que os valores de condutividade elétrica dos exsudatos dos cultivares Mundo Novo e Catuai, que representam hoje, quase todo o café cultivado no Brasil, não diferiram entre si. Destacaram-se os cultivares Bourbon Amarelo e Arábica como os de menores valores de condutividade elétrica do exsudato e qualidade de bebida pouco melhor que os demais. Já o cultivar Icatu Vermelho apresentou o maior valor de condutividade elétrica e bebida de inferior qualidade.

Tabela 18. Valores de condutividade elétrica e qualidade de bebida de amostras de diferentes cultivares de café arábica.

| Cultivares | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ | Bebida |
|--------------------------------|---|------------------|
| Icatu Vermelha | 114,48 D | Ouro (Amargo) |
| Acaia | 85,67 G | Duro (fraco) |
| Caturra Vermelho | 85,53 C | Duro (Ácido) |
| Icatu Amarelo | 80,89 BC | Duro |
| Mundo Novo | 76,83 BC | Duro |
| Catuaf Vermelho | 72,82 BC | Ouro |
| Catuaf Amarelo | 72,31 BC | Duro |
| Bourbon Vermelho | 68,50 AB | Duro |
| Caturra Amarelo | 65,91 AB | Duro |
| Bourbon Amarelo | 55,79 R | Duro (p/ Melhor) |
| Arábica | 53,80 A | Duro (p/ Melhor) |
| Valor de "F" | 25,10** | - |
| Coeficiente de Variação (%) | 8,77 | - |
| DMS 5% | 16,23 | - |

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

** $P < 0,01$

4.4. Efeito do tamanho dos grãos sobre a condutividade elétrica do exsudato de grãos de café

A análise de variância dos dados de peso de grãos e condutividade elétrica do exsudato de grãos de café de diferentes tamanhos revelou valores de "F" significativos conforme Tabelas 19, 20 e 21.

Na Tabela 19 verifica-se que, a separação por tamanho implica em separação por peso e que a amostra não classificada teve o mesmo comportamento, avaliado pela condutividade elétrica dos grãos retidos em cada peneira.

Nas Tabelas 20 e 21 observa-se que os grãos retidos na menor peneira (peneira 13) apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica, entretanto esta porção representava uma parcela muito pequena do lote original. Assim os dados de condutividade elétrica da amostra não classificada não diferiram estatisticamente dos grãos retidos nas demais peneiras, com exceção dos lotes de café cv. Mundo Novo proveniente de Piracicaba, retidos na peneira 13, conforme Tabela 20; e cv. Catuaí proveniente de Pindorama, retidos na peneira 13, conforme Tabela 21. Estas peneiras representaram apenas 4,6% e 8,7% do peso total das amostras de Piracicaba e Pindorama, respectivamente.

Tabela 19. Valores de percentagem de retenção em peso, na peneira em relação ao lote original, peso de 25 graos a condutividade elétrica de grãos provenientes de amostras de diferentes tamanhos (peneiras) de um lote de café cv. Mundo Novo de Piracicaba, SP

| Tamanhos | Percentagem de retenção | Peso de 25 Grãos (g) | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|--|
| 18 | 6,0 | 3,9250 A | 103,16 |
| 17 | 26,2 | 3,4725 B | 87,39 |
| N.C. 1 | 100,0 | 3,2150 c | 99,63 |
| 16 | 18,0 | 3,0500 CD | 99,70 |
| MC-10 ² | 7,3 | 3,0125 D | 103,16 |
| 15 | 15,1 | 2,6275 E | 83,60 |
| 14 | 7,2 | 2,1900 F | 106,62 |
| Valor de "F" | | 215,89** | 2,40 N.S. |
| Coeficiente de Variação (%I | | 2,48 | 11,96 |
| DMS 5% | | 0,17 | 26,98 |

Grau de umidade uniforme entre peneiras cam 11,58%

Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

1. lote original não classificado

2. Moca, peneira 10/64''

Tabela 20. Valores de percentagem de retenção em peso, na peneira em relação ao lote original, peso de 25 grãos e condutividade elétrica de grãos provenientes de amostras de diferentes tamanhas (peneiras) de um lote de café cv. Mundo Novo de Piracicaba, SP

| Peneiras | Porcentagem de Retenção | Peso de 25 Grãos (g) | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|--|
| 17 | 18,1 | 3,6800 A | 82,68 A |
| 16 | 22,9 | 3,1975 B | 83,18 A |
| N.C. | 100,0 | 3,0450 BC | 89,00 A |
| MC-10 | 7,5 | 3,0200 BC | 87,44 A |
| 15 | 20,3 | 2,9300 C | 90,52 4 |
| 14 | 9,2 | 2,3150 D | 101,72 AB |
| 13 | 4,6 | 2,0325 E | 117,58 B |
| Valor de "F" | | 101,53 ** | 4,55 ** |
| Coeficiente de Variação (%) | | 3,79 | 12,55 |
| DMS 5% | | 0,25 | 26,90 |

Grau de umidade uniforme entre peneiras com 9,88%

Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ao nível da 0,05% de significância pelo Teste de Tukey.

Tabela 21. Valores de percentagem de retenção em peso, na peneira em relação ao lote original, peso de 25 graos e condutividade elétrica de graos provenientes de amostras de diferentes tamanhos (peneiras) de um lote de café cv. Catuaí da Pindorama, SP

| Peneiras | Porcentagem de Retenção | Peso de 25 Grãos (g) | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ |
|-----------------------------|-------------------------|----------------------|--|
| 17 | 9,3 | 3,3425 A | 71,51 A |
| 16 | 15,8 | 2,9350 B | 80,52 AB |
| N.C. | 100,0 | 2,9325 B | 68,61 A |
| MC-10 | 6,0 | 2,6225 C | 87,66 AB |
| 15 | 26,0 | 2,5000 C | 71,72 A |
| 14 | 17,9 | 2,2425 D | 90,52 AB |
| 13 | 8,7 | 1,9175 E | 100,28 b |
| Valor de "F" | | 229,09 ** | 5,21 ** |
| Coeficiente de Variação (%) | | 2,38 | 12,66 |
| D M 5% | | 0,14 | 23,75 |

Grau de umidade uniforme entre peneiras com 10,19%
 Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ao nível De 0,05% de significância pelo Teste de Tukey.

4.5. Efeito do grau de umidade dos grãos de café sobre a condutividade elétrica

A análise de variância dos dados, dos testes para a avaliação da condutividade elétrica de grãos de café de diferentes graus de umidade, indicou efeito significativo dos fatores estudados, conforme Tabela 22.

Observa-se pela Tabela 22 que os valores da condutividade elétrica dos exsudatos dos grãos aumenta à medida que o teor de água diminui. Este comportamento foi semelhante entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí.

O decréscimo do grau de umidade dos grãos apresentou uma relação linear inversa com a condutividade elétrica do exsudato, nas faixas de umidade obtidas neste trabalho.

Verifica-se que os grãos com graus de umidade próximos a 8% e abaixo deste valor apresentaram intensa lixiviação de íons, aumentando a condutividade elétrica da solução na qual estavam imersos.

Por outro lado os grãos com teores de umidade acima de 8% não diferiram significativamente entre si, considerando os valores de condutividade elétrica, de acordo com a Tabela 22.

Tabela 22. Valores de porcentagem de umidade e condutividade elétrica do exsudato de grãos de café c.v. Mundo Novo e Catuaí provenientes de Piracicaba, submetidos a diferentes períodos de secagem natural.

| Tratamentos | Mundo Novo | | Catuaí | |
|-----------------------|------------|----------------------|-----------|----------------------|
| | % Umidade | C.E. $\mu\text{S/g}$ | % Umidade | C.E. $\mu\text{S/g}$ |
| E ₁ | 10,28 | 274,71 A | 10,99 | 261,67 A |
| E ₂ | 8,97 | 272,73 A | 8,06 | 331,26 B |
| E ₃ | 8,92 | 282,76 A | 8,10 | 324,46 B |
| E ₄ | 7,02 | 359,03 B | 7,23 | 349,46 B |
| E ₅ | 6,85 | 352,95 B | 7,09 | 353,06 B |
| Valor de "F" | - | 15,18** | - | 26,66** |
| Coef. de Variação (%) | | 7,25 | - | 4,04 |
| DMS 5% | | 48,92 | - | 31,17 |

Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

** indica $p < 0,01$

4.6. Efeito dos grãos defeituosos sobre a condutividade elétrica do exsudato

Submeteram-se à análise de variância os dados de peso médio do grão, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e teor de água após embebição, obtendo-se para todos os parâmetros avaliados valores significativos para efeito dos tratamentos, de acordo com a Tabela 23.

Os grãos com dimensões semelhantes (tamanho) apresentaram pesos médias diferentes, sendo que os grãos normais ou sem defeitos apresentaram o maior peso médio. Os grãos defeituosos apresentaram a seguinte ordem decrescente de peso: grãos verdes, ardidos, brocados, pretos e preto-verdes.

Os valores de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e teor de água após embebição foram significativamente menores nos grãos de café normais em relação aos grãos defeituosos, e dentre os grãos com defeitos, os preto-verdes apresentaram os maiores valores (Tabela 23).

Considerando os dados da Tabela 23 observa-se a seguinte ordem crescente de lixiviação de íons e condutividade elétrica: grãos normais, brocados semelhantes aos verdes, ardidos, pretos e preto-verdes.

Após a embebição, o teor de água ou grau de umidade das grãos foi determinado e obedeceu à seguinte ordem crescente: grãos normais, brocados, verdes, ardidos semelhantes aos pretos e preto verdes.

Tabela 23. Valores de peso médio do grão, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e teor de água de grãos normais e defeituosos de café Mundo Novo provenientes de Piracicaba - SP.

| Tratamento | Peso Médio do grao | Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/g}$) | Potássio Lixiviado (ppm/g) | Umidade Após Embebição (%) |
|-------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|-------------------------------------|
| Normais | 0,1320 A | 40,28 A | 15,56 A | 38,49 A |
| Brocados | 0,11386 CD | 93,94 B | 38,73 B | 46,97 B |
| Verdes | 0,1210 B | 108,94 E | 35,63 B | 57,78 C |
| Ardidos | 0,1134 BC | 201,47 C | 68,72 C | 65,77 D |
| Pretos | 0,1000 D | 258,14 D | 87,48 D | 69,43 O |
| Preto- Verdes | 0,0800 E | 358,77 E | 119,42 E | 74,53 E |
| Valores de "F" | 51,48** | 123,54** | 141,97** | 148,09** |
| Coefficiente de Variação % | 5,12 | 13,49 | 12,42 | 2,99 |
| DMS 5% | 0,01 | 46,66 | 14,47 | 2,93 |

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

** indica $P < 0,01$

4.7. Efeito de quantidades crescentes de frutos colhidos no estágio de maturação verde sobre a condutividade elétrica dos grãos de café

A análise de variância dos dados de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e número de defeitos revelou valores de "F" significativos para todos os parâmetros avaliados estatisticamente. Os dados de qualidade da bebida não foram submetidos à análise estatística. Estes dados encontram-se nas Tabelas 24 e 25.

O aumento da porcentagem de frutos verdes implicou no aumento dos valores de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e número de defeitos, sendo que este comportamento foi mais nítido nas amostras provenientes de Patrocínio - MG, conforme Tabela 25.

Em Piracicaba (Tabela 24), os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio diferiram estatisticamente do controle com ausência de frutos verdes a partir de 20% de frutos verdes. Entretanto o número de defeitos foi alterado significativamente com a presença de 10% de frutos verdes.

Os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio obtidos nas amostras provenientes de Patrocínio (Tabela 25) diferiram da testemunha a partir de 10% de frutos verdes, enquanto que o número de defeitos foi alterado significativamente com a presença de 20% de frutos verdes.

Tabela 24. Valores de condutividade elétrica do exsudato, lixiviação de potássio, número de defeitos e qualidade da bebida de amostras de café cru com diferentes proporções de frutos colhidos no estágio de maturação verde, provenientes de Piracicaba - SP.

| Porcentagem de Frutos Verdes (p/p) | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ | Lixiviação de Potássio ppm/g | Tipo/ Defeitos | Qualidade da Bebida |
|------------------------------------|--|------------------------------|----------------|---------------------|
| 0% | 78,39 A | 29,12 A | 5/46 A | Duro/Riado |
| 10% | 81,93 AB | 31,07 A | 5/64 3 | Duro(verde) |
| 20% | 91,63 B | 35,28 B | 5/72 B | Duro(verde) |
| 30% | 106,81 C | 40,48 C | 6/100 C | Duro |
| 40% | 107,96 C | 40,81 C | 6/123 0 | Duro |
| Valores de "F" | | | | |
| | 25,99** | 30,01** | 192,22** | - |
| Coeficiente de Variação % | | | | |
| | 11,52 | 10,98 | 5/44 | - |
| OMS 5% | | | | |
| | 10,64 | 3,84 | 9,62 | - |

Medias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

** indica $P < 0,01$

Tabela 25. Valores de condutividade elétrica do exsudato, lixiviação de potássio, numero de defeitos e qualidade da bebida de amostras de café com diferentes porcentagens de frutos colhidos no estágio de maturação verde em Patrocínio - MG.

| Porcentagem de Frutos Verdes | Condutividade Elétrica $\mu S/g$ | Lixiviação de Potássio ppm/g | Tipo/ Defeitos | Qualidade da Bebida |
|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------|---------------------|
| 0% | 57,62 R | 17,45 A | 7/160 A | Duro |
| 10% | 72,04 B | 23,05 B | 7/180 A | Duro |
| 20% | 86,83 C | 27,09 C | 7/220 B | Duro |
| 30% | 107,90 D | 33,39 D | 7/300 C | Duro-act do |
| 40% | 128,96 E | 39,63 E | 8/540 D | Duro-ácido |
| Valores de "F" | 123,21** | 87,36** | 450,00** | - |
| Coef. de Variação % | 11,27 | 13,19 | 5,21 | - |
| DMS 5% | 10,11 | 3,67 | 31,91 | - |

Medias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey,

** Indica $P < 0,01$

4.8. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde sobre a condutividade elétrica dos grãos

A análise de variância dos dados de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, revelam valores de "F" significativos conforme Tabela 26, para os efeitos dos tratamentos estádio de maturação, temperatura de secagem e as interações entre eles.

Tabela 26. Resumo da análise de variância dos dados de condutividade elétrica (C.E.) e lixiviação de potássio (K).

| Causas de Variação | Grau de Liberdade | Valores de "F" | |
|---------------------------------|----------------------|----------------|----------|
| | | C.E. | a |
| Estádios de Maturação (M) | 1 | 267,35** | 238,93** |
| Temperaturas de Secagem (S) | 3 | 108,24** | 108,76** |
| M x S | 3 | 49,87** | 39,82** |
| Resíduo | 24 | — | — |
| Total | 31 | | |
| Coefficiente de Variação (%) | | 16,51 | 15,79 |

** indica $P < 0,01$

Na Tabela 27, observa-se que a secagem dos frutos colhidos no estágio cereja, independente da temperatura de secagem, resultou em grãos normais, com pequeno número de defeitos. Os frutos cerejas secados naturalmente e à sombra apresentaram a melhor qualidade de bebida, enquanto que a secagem artificial à temperatura de 60°C alterou a qualidade da bebida de padrão dura para duro ácido.

A colheita dos frutos na estágio de maturação verde, depreciou a qualidade do café avaliadas pelo número de defeitos e qualidade da bebida, conforme Tabela 27. Nesta Tabela, verifica-se que à medida que a temperatura de secagem aumentou,, o número de defeitos, a gravidade dos defeitos e a depreciação da qualidade da bebida aumentaram. À temperatura de secagem de 30°C não foi observada a presença de grãos pretos e preto-verdes, sendo que à 45°C encontraram-se 10,7% e 6,3% de grãos pretos e preto-verdes (Tabela 27).

Quando os frutos verdes foram secados a 60°C, os grãos resultantes apresentavam 96,9% de defeitos preto-verdes e 3,1% de defeitos verdes. Observou-se ainda que o número de defeitos atingiu o valor 1800 e a bebida resultante destes grãos apresentava-se imprópria para consumo, conforme Tabela 27.

Tabela 27. Valores em percentagem em peso de grãos normais, verdes verde-escuros, pretos e preto verde, número de defeitos e qualidade da bebida de amostras de café colidos no estágio de maturação verde e cereja submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

| Estádio de maturação | Temp de secagem | Verde | | | Preto Verdes | Número de Defeitos | Qualidade da Bebida |
|----------------------|-----------------|---------|----------------|-------|--------------|--------------------|----------------------|
| | | Normais | Verdes Escuros | Preto | | | |
| Verde | 20°C* | 7,5 | 92,5 | - | - | 780 | Duro(Verde) |
| | 30°C | 7,7 | 83,0 | 6,3 | - | 540 | Duro(Verde/Ácido) |
| | 45°C | 6,9 | 56,7 | 13,4 | 6,3 | 703 | Duro(Verde/Ácido) |
| | 60°C | - | 3,1 | - | 36,9 | 1800 | Impróprio p/ consumo |
| Cereja | 20°C* | 100 | - | - | - | 4 | Ap mole |
| | 30°C | 100 | - | - | - | 26 | Duro |
| | 45°C | 100 | - | - | - | 12 | Duro |
| | 60°C | 100 | - | - | - | 152 | Duro(Ácido) |

* Temperatura média da secagem natural à sombra.

Observando a Tabela 28, verifica-se que os valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram significativamente maiores para os grãos resultantes de frutos colhidos no estágio de maturação verde comparados com os cerejas, em todas as temperaturas de secagem.

Nesta Tabela 28, observa-se que *h* medida que se elevou a temperatura de secagem os grãos resultantes apresentavam maiores condutividade elétrica do exsudato e lixiviação de potássio. Este comportamento foi mais nítido para os frutos colhidos verdes, enquanto que os frutos colhidos no estágio cereja não diferiram quanto à condutividade elétrica quando secados até 45°C.

Tabela 28. Valores de condutividade elétrica do exsudato e lixiviação de potássio de amostras de café colhidas no estágio de maturação verde o cereja submetidas a diferentes temperaturas de secagem.

| Temperaturas de Secagem | Condutividade Elétrica $\mu\text{S/g}$ | | Lixiviação de Potássio ppm/g | |
|-------------------------|--|-----------|------------------------------|-----------|
| | Cereja | Verde | Cereja | Verde |
| 20 ^o C | 36,19 Aa | 52,80 Ba | 14,67 Aa | 21,11 Ba |
| 30 ^o C | 44,78 Aab | 103,85 Bb | 18,30 Aa | 42,49 Bb |
| 45 ^o C | 58,47 Aab | 170,89 Bc | 28,44 Ab | 65,28 Bc |
| 60 ^o C | 83,95 Ac | 304,44 Bd | 38,73 Ac | 113,29 Bd |
| \bar{x} | 55,85 | 157,89 | 24,03 | 60,54 |
| OMS 5% (Maturação) | 13,33 | | 5,19 | |
| OMS 5% (Temperatura) | 17,54 | | 6,84 | |

Medias seguidas por letra9 maiúsculas distintas nas linhas e letras minúsculas nas colunas, diferem entre si ao nível de significância de 5% pela Teste de Tukey.

4.9. Efeito de locais e tipos de colheita sobre a condutividade elétrica de exsudatos de grãos de café

A análise de variância dos dados de condutividade elétrica e qualidade da bebida de amostras de café, colhidas em diferentes locais, sob diferentes métodos de colheita, revelou valores de "F" significativos. A análise de variância revelou ainda valores de "F" significativos entre os locais de prova dit qualidade da bebida e para todas as interações analisadas.

Nas Tabelas 29 e 31, pode-se observar que em todos os locais de colheita o café colhido no estádio cereja, seguido de despulpamento apresentou qualidade de bebida e tipo superiores aos cafés mistura e de varrição. O comportamento quanto à qualidade da bebida, entre os cafés mistura e varrição diferiu conforme o local de colheita e local de avaliação da qualidade sensorial (prova de xícara).

A análise dos valores de condutividade elétrica obtidos, de acordo com a Tabela 30, confirma a superioridade do café despulpado, independente do local de colheita. Quanto aos cafés mistura e varrição, estes tiveram um comportamento variável conforme o local de colheita, explicando as interações significativas encontradas.

Para cada local de avaliação da qualidade de bebida, os dados de condutividade elétrica e o padrão de bebida foram relacionados estatisticamente. Estas análises revelaram que existe uma relação inversa entre qualidade de bebida e condutividade elétrica conforme Figuras 6, 7 e 8, que relacionam os padrões de bebida com os intervalos de confiança dos dados de condutividade elétrica do exsudato.

Tabela 29. Valores ou escore para qualidade da bebida de amostras de café provenientes de diferentes localidades e diferentes métodos de colheita e processamento,

| Locais | Locais da | | Método de Colheita | |
|---------------|-------------|------------|--------------------|----------|
| | Prova de | | | |
| | Xícara * | Despolpado | Mistura | Varrição |
| 1. Patrocínio | 1 | 12,36 A | 10,20 B | 9,72 B |
| | 2 | 13,20 A | 11,80 AB | 11,60 B |
| | 3 | 15,60 A | 11,00 B | 11,00 E |
| 2. Mococa | 1 | 14,60 A | 10,84 B | 10,68 B |
| | 2 | 13,60 A | 11,80 A | 11,00 B |
| | 3 | 11,00 A | 9,63 A | 9,08 B |
| 3. Machado | 1 | 15,20 A | 11,00 B | 10,56 B |
| | 2 | 11,40 A | 11,00 A | 11,00 A |
| | 3 | 13,80 A | 11,00 B | 10,28 B |
| 4. Campinas | 1 | 15,00 A | 10,84 B | 8,60 B |
| | 2 | 12,80 A | 11,00 B | 11,00 B |
| | 3 | 13,80 A | 11,00 B | 11,00 B |
| 5. Garça | 1 | 13,60 A | 7,80 B | 7,80 B |
| | 2 | 14,60 A | 11,40 B | 11,80 B |
| | 3 | 11,40 A | 11,00 A | 10,20 A |

cont.

cont.tab.29

| Locais | Locais da | Método de Colheita | | |
|---------------|-----------|--------------------|----------|----------|
| | Prova de | Despolpado | Mistura | Varrição |
| | Xícara * | | | |
| 6. Pindorama | 1 | 12.83 A | 9.08 AB | 9.23 B |
| | 2 | 14.20 A | 12.40 AB | 10.20 B |
| | 3 | 10.20 A | 10.04 AB | 7.08 B |
| 7. Piracicaba | 1 | 14.80 A | 8.76 B | 7.48 B |
| | 2 | 12.60 A | 11.80 A | 8.60 B |
| | 3 | 11.00 A | 11.00 A | 7.48 E |
| 8. Maringá | 1 | 13.32 A | 9.72 B | 5.08 C |
| | 2 | 13.80 A | 11.00 B | 7.40 C |
| | 3 | 11.40 A | 9.63 A | 9.08 B |
| 9. Londrina | 1 | 14.03 A | 10.68 B | 4.84 C |
| | 2 | 11.80 A | 11.40 A | 6.60 D |
| | 3 | 11.00 A | 9.40 C | 5.30 B |
| 10. Alfenas | 1 | 15.63 A | 11.40 B | 2.76 C |
| | 2 | 11.40 A | 11.00 A | 1.00 B |
| | 3 | 12.40 A | 10.20 A | 5.80 B |

*1. FEMEGAP - Campinas - SP

3. UNICAFÉ - Londrina - PR

2. BMF - São Paulo - SP

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Tabela 30. Valores de condutividade elétrica do exsudata em $\mu\text{S/g}$ de amostras de café provenientes de diferentes locais de produção e métodos de colheita durante a safra 91/92.

| Locais de Produção | Método de Colheita | | |
|--------------------------|--------------------|----------|----------|
| | Despolpado | Mistura | Varrição |
| 1. Patrocínio | 98,37 A | 88,46 A | 107,84 A |
| 2. Mococa | 103,30 A | 125,66 B | 134,03 5 |
| 3. Machado | 80,96 A | 118,15 B | 109,21 3 |
| 4. Campinas | 123,19 A | 137,27 A | 163,30 B |
| 5. Garça | 117,31 A | 132,89 B | 123,78 B |
| 6. Pindorama | 96,43 A | 89,73 A | 109,37 A |
| 7. Piracicaba | 108,08 h | 168,00 C | 136,81 B |
| 8. Maringá | 133,07 a | 192,13 C | 158,04 B |
| 9. Londrina | 105,25 A | 161,46 B | 143,83 B |
| 10. Alfenas | 112,93 A | 124,18 A | 173,58 B |

Medias seguidas por letras distintas na linhas diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade do Teste de Tukey.

Tabela 37. Número de defeitos de amostras de café provenientes de diferentes locais de produção e métodos de colheitas durante a safra 91/92.

| Locais de Produção | Método de Colheita | | |
|--------------------------|--------------------|---------|----------|
| | Despolpado | Mistura | Varrição |
| 1. Patrocínio | 8 A | 86 E | 83 B |
| 2. Mococa | 34 A | 208 C | 166 B |
| 3. Machado | 21 A | 100 B | 112 C |
| 4. Campinas | 34 A | 152 B | 360 C |
| 5. Garça | 19 A | 46 C | 34 B |
| 6. Pindorama | 41 A | 113 C | 79 B |
| 7. Piracicaba | 20 A | 297 C | 224 B |
| 8. Maringá | 70 A | 77 a | 82 A |
| 9. Londrina | 16 A | 240 C | 90 E |
| 10. Alfenas | 23 A | 78 B | 115 C |

Médias seguidas por letras distintas na linhas diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade do Teste de Tukey.

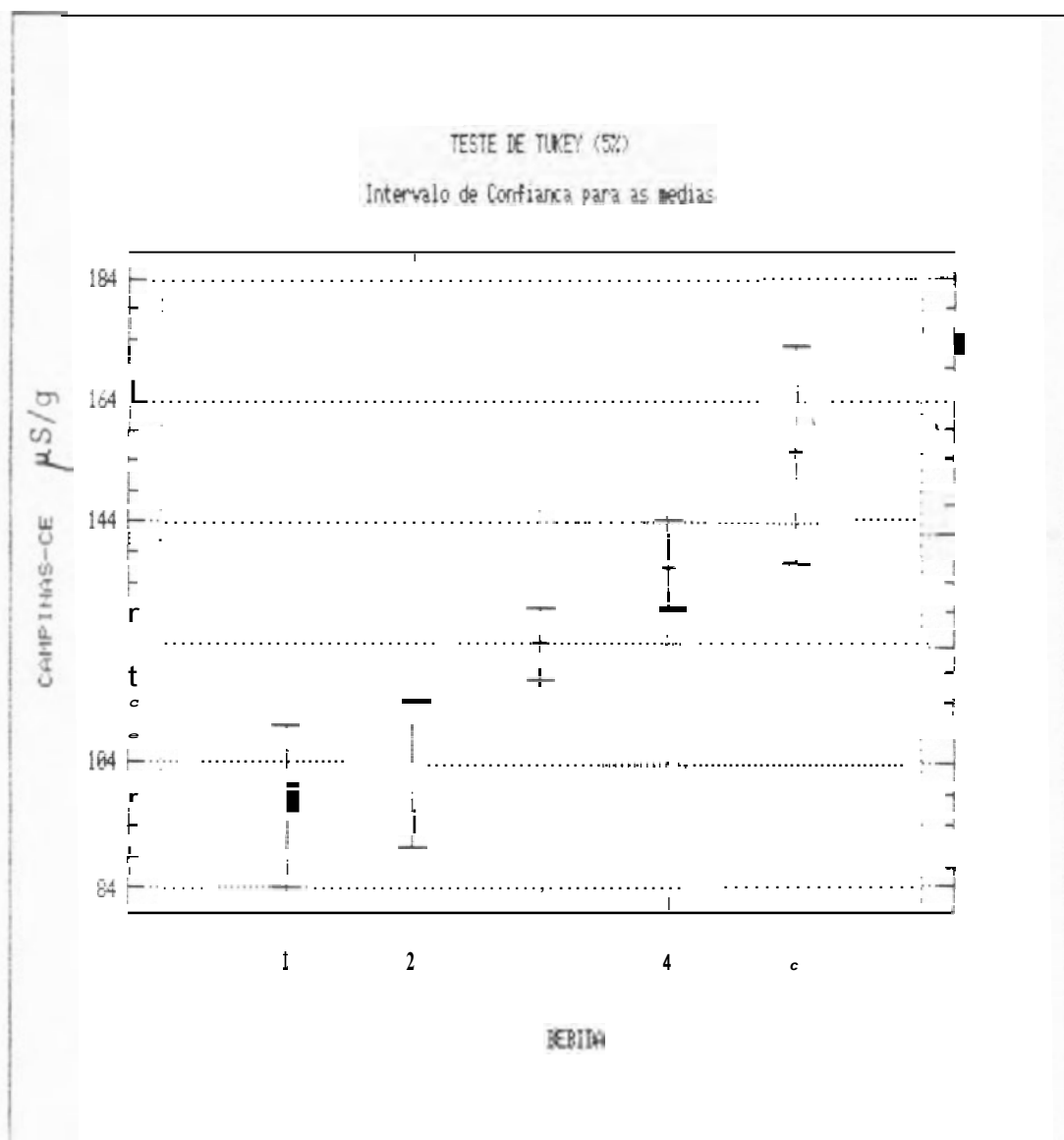


Figura 6. Relação entre padrões de bebida (1 - Mole; 2 - Apenas Mole; 3 - Duro; 4 - Riado e 5 - Rio) avaliados em Campinas e Intervalos de confiança dos valores de condutividade elétrica de 150 amostras de café.

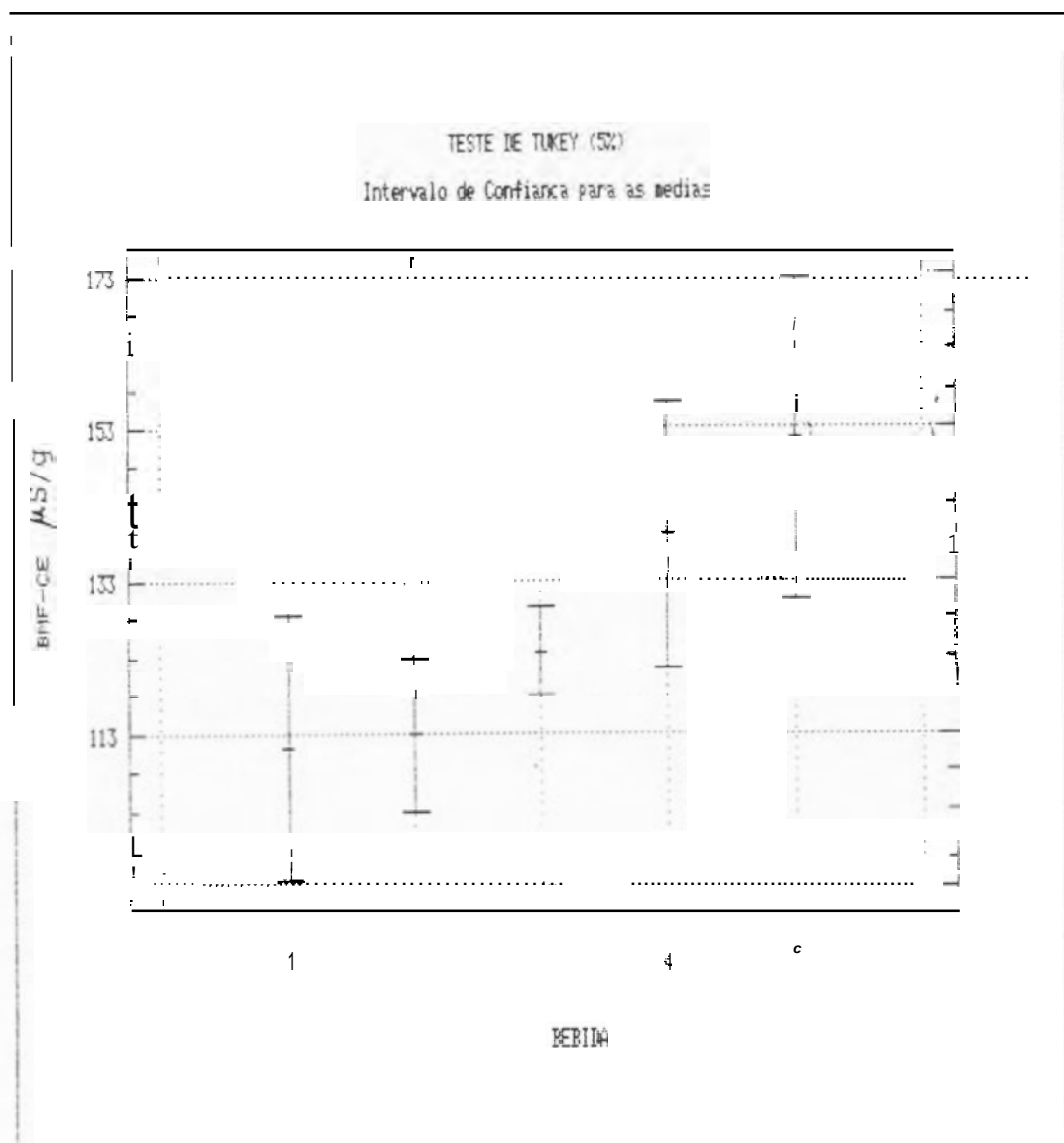


Figura 7. Relação entre padrões de bebida (1 - Mole; 2 - Apenas Mote; 3 - Ouro; 4 - Riado E 5 - Rio) avaliados em São Paulo e intervalos de confiança dos valores de condutividade elétrica de 150 amostras de café.

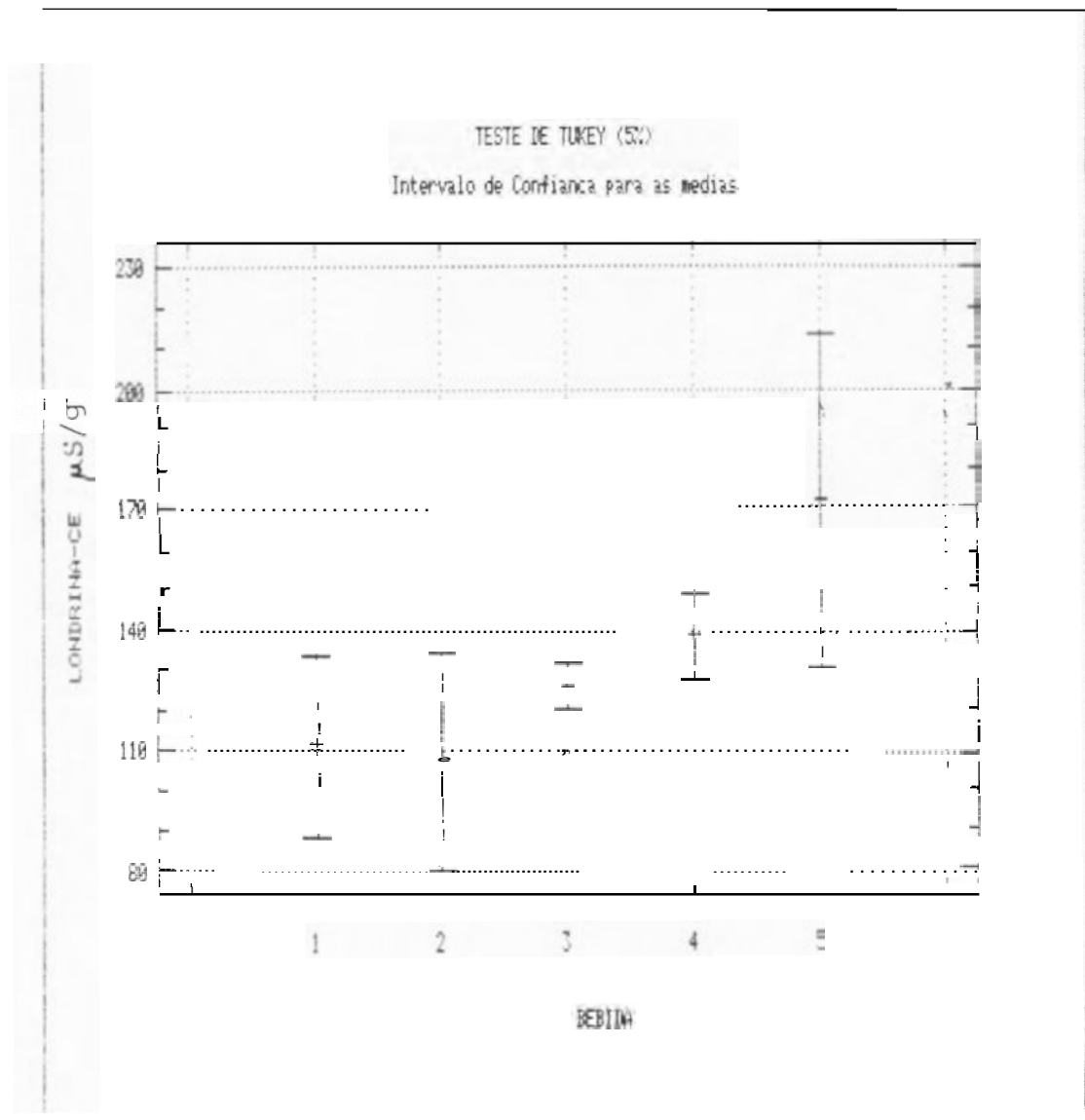


Figura B. Relação entre padrões de bebida (1 - Mole; 2 - Apenas Mole; 3 - Duro; 4 - Riado e 5 - Rio) avaliados em Londrina e Intervalos de confiança dos valores de condutividade elétrica de 150 amostras de café.

5. DISCUSSÃO

A hipótese deste trabalho surgiu da associação dos conhecimentos adquiridos nos estudos sobre sementes e sobre a cultura do café. A observação de que as condições climáticas que favorecem a obtenção de uma semente de alta qualidade fisiológica, caracterizadas por baixas precipitações e umidade relativa e temperaturas amenas durante a fase de maturação, são as mesmas que favorecem a obtenção de cafés de boa qualidade de bebida (KRUG, 1940, 1941, 1945 e 1947; BITANCOURT, 1957; GARRUTI e GOMEZ, 1961; FRANCO, 1965; GRANER e GODOY, 1967; CANNEL, 1985). Esta observação é comprovada pelo fato das regiões do Brasil que produzem cafés de excelente qualidade são também favoráveis para a obtenção de sementes de ótima qualidade, sendo a região de Patrocínio, na Triângulo Mineiro, um exemplo [CARVALHO e CHALFOUN, 1985; MEIRELES, 1990 e LEITE, 1991).

Tal associação de fatos despertou o interesse em se conhecer os mecanismos que levam à deterioração da semente e do café como bebida.

A deterioração das sementes, ricamente descrita nos livros de BARTON (1961), HEYDECKER (1972), ROBERTS (1972a) e PRIESTLEY (1986), de acordo com os conhecimentos adquiridos em cada época, envolve inúmeras teorias. Embora uma teoria somente não pudesse descrever o que na realidade é uma somatória de eventos, os trabalhos de ABDUL-BAKI e ANDERSON (1972), WOODSTOCK (1973), VILLIERS (1973), VILLIERS e EDGCUMBE (1975), PARRISH e LEOPOLD

(1978), BEDFORD (1974), MARCOS PILHO et alii (1982) e POWELL (1986) convergem para o fato de que a perda de integridade das membranas acelera a degradação das células e da semente.

A leitura da tese do professor Henrique Viana de Amorim, intitulada "Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração da qualidade" , defendida em 1978, reforçou a hipótese de que a perda de integridade das membranas celulares , leva à deterioração da qualidade do café. Tal tese foi um marco, pelas hipóteses estudadas e relacionamento de aspectos bioquímicos do grão com a qualidade da bebida do café. As metodologias para determinação da enzima polifenol oxidase utilizadas nos trabalhos de AMORIM e SILVA (1968), AMORIM (1972), AMORIM e TEIXEIRA (1975), ARCILA-P e GERMAN-V (1975) AMORIM e AMORIM (1977) e AMORIM et alii (1977); despertaram para a possibilidade de obtenção de um teste rápido, simples, barato, de base científica consistente, que pudesse avaliar a qualidade do café.

Assim o teste de condutividade elétrica do exsudato utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, por estar baseado no princípio que sementes mais deterioradas liberam para a solução maiores quantidades de ions, devido ao estado de degradação de suas membranas. surgiu como alternativa a ser estudada.

O primeiro passo foi obter cafés com qualidades de bebida distintas e submetê-los ao teste de condutividade elétrica conforme metodologia proposta pela AOSA (1983) para avaliação da qualidade de sementes. Os

resultados deste primeiro teste encontram-se na Tabela 13. Nesta Tabela pode-se observar que o aumento da condutividade elétrica corresponde a um menor padrão de qualidade da bebida do café avaliado pela prova de xícara. O íon lixiviado em maior quantidade foi a potássio, que é o elemento encontrado em maior quantidade na semente do café conforme observado por MALAVOLTA et alii (1963), CATANI et alii (1967), NORTHMORE (1965), CLARKE e WALKER (1974), CLIFFORD (1975) e CHAVES (1982). O teste de condutividade elétrica proposto pela AOSA (1983) recomenda que as sementes permaneçam 24 horas embebidas em água destilada, a 20°C, na final da qual é avaliada a condutividade elétrica da solução. Para verificar a possibilidade de reduzir o período de embebição dos grãos de café e abreviar, assim o tempo para obtenção das informações foi estudado o processo de embebição de grãos de café, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 15, 16, 17 e nas Figuras 3, 4 e 5.

Os resultados obtidos demonstram que o processo de embebição de grãos de café é extremamente rápido quando comparado com o de outras sementes. Isto provavelmente esteja associado ao fato dos grãos de café apresentarem como tegumento apenas uma película prateada (MENDES, 1942) que se desprende facilmente pelo manuseio (TEIXEIRA et alii, 1982) e não oferece resistência, nem regula a entrada de água, como ocorre nas sementes com tegumento bem diferenciado, conforme trabalhos de SIMON E RAJA HARUM (1972), SIMON e MATHAVAN (1986), LE DEUNFF et alii (1989) e KUO (1989).

Assim, decorridos 3,5 horas ou 210 minutos de embebição, os grãos de café apresentavam graus de umidade de 48,79%, 43,79% e 39,62%, em cada um dos três lotes estudados. A medida que a água penetrava nos grãos, aumentando seu grau de umidade, aumentava a liberação de ions potássio, conforme Tabela 16, e aumentava também a condutividade elétrica, conforme Tabela 15. Sendo que, decorridos 210 minutos, foi possível distinguir claramente os três lotes utilizados.

Prosseguindo o estudo, avaliaram-se os fatores que podem influenciar os resultados da teste de condutividade elétrica do exsudato de grãos de café.

O efeito da temperatura não foi estudado neste trabalho por ser plenamente previsível que ao aumentar a temperatura ocorre um aumento da condutividade elétrica, devido à maior mobilidade dos ions, o que está descrito nos trabalhas de TAO (1978), McDONALD e WILSON (1979), STERRE et alii (1981), HEPBURN et alii (1984), LOEFFLER et alii (1988).

A maior dificuldade em relação a temperatura, esta em manter a mesma temperatura de embebição durante a determinação da medida da condutividade elétrica realizada à temperatura ambiente. Considerando que na maioria das regiões brasileiras e na maior parte do ano, incluindo o local onde foi realizado este trabalho, a temperatura média do ambiente de laboratório é de 25°C, optou-se por esta temperatura para realização dos testes.

Dentre os fatores que podem afetar o teste de condutividade elétrica, primeiramente foi estudado o efeito do genótipo do café, Os resultados obtidos, conforme Tabela 18, demonstram haver diferenças entre os genótipos estudados. Uma vez que os materiais utilizados provém de um mesmo ambiente, têm a mesma idade, mesmo histórico, colhidos na mesma época e sofreram o mesmo preparo (despolpamento), a diferença existente entre eles pode ser atribuída a distintas composições químicas e diferentes velocidades de deterioração. Os genótipos Catuaí e Mundo Novo não diferiram em qualidade de bebida e a proximidade dos valores de condutividade elétrica obtidos, permite-nos afirmar que estes cultivares, responsáveis pela quase totalidade do café produzido no Brasil, não diferem quanto à condutividade elétrica.

Os resultados das Tabelas 19, 20 e 21 mostram que a separação do café em classes de tamanho (peneiras) não implica em uma separação em níveis de condutividade elétrica. Observa-se na Tabela 20 que os grãos provenientes da peneira 13/64" apresentaram valores elevados de condutividade elétrica, refletindo ou um estágio de deterioração mais avançado ou um maior grau de imaturidade desta classe de tamanho. Trabalhos de LAZARINI e MOWS (1958) e TRIXEIRA et alii (1974) confirmam que a concentração de defeitos aumenta à medida que as classes de tamanho dos grãos de café diminuem.

O efeito do grau de umidade sobre a condutividade elétrica de sementes de saia foi estudado por

LOEFFLER et alii (1988), que verificara que os valores de condutividade elétrica eram significativamente maiores quanto menor o teor de água nas sementes. TAO (1978) também observou tal efeito, contudo nenhum dos autores forneceu hipóteses para explicar este comportamento.

A Tabela 22, resultante da avaliação da condutividade elétrica e lixiviação de potássio de grãos de café cultivares Mundo Novo e Catuaí, mostra que os materiais apresentaram o mesmo comportamento daqueles dos trabalhos anteriormente citados, ou seja quanto menor o grau de umidade dos grãos de café, maior os valores de condutividade elétrica obtidos. Este resultado ressalta a importância de se uniformizar a umidade dos grãos para a realização do teste de condutividade elétrica. Observa-se ainda que na faixa de 10 a 12% de umidade os valores de condutividade elétrica não diferiram entre si.

O efeito do grau de umidade dos grãos de café foi mais marcante abaixo de 8%, sugerindo que as observações de BACCHI (1955 e 1956) de que importantes câmbios fisiológicos ocorrem abaixo deste teor de umidade podem afetar a condutividade elétrica dos grãos de café.

Outra hipótese a ser confirmada é que a maior velocidade de absorção de água, dos grãos mais secos com maior potencial matricial, pode desagregar com maior intensidade as membranas celulares, permitindo a saída de maior quantidade de íons que aumentarão assim a condutividade elétrica da solução. E a terceira hipótese seria que sementes com baixos teores de umidade ~~tem~~ um

maior período de tempo para rearranjar as membranas celulares e com isso lixiviam maior quantidade de íons comparadas com sementes com maior teor de umidade, Esta hipótese está baseada nos trabalhos de SIMON (1978) e citações de WOODSTOCK (1988) que verificaram que as membranas celulares sob teores de umidade abaixo de 25% perdem a configuração bilaminar. Assim para que haja uma reorganização das membranas estas devem ser reidratadas a graus de umidade maiores que 25%.

Além da influência do grau de umidade, do genótipo e do tamanho dos grãos de café sobre a condutividade elétrica do exsudato, verificou-se a marcante influência dos grãos defeituosos conforme resultados da Tabela 23.

Na Tabela 23, verifica-se que a intensidade de lixiviação de potássio, a absorção de água e os valores de condutividade elétrica aumentam com a gravidade do defeito do café. Os resultados obtidos correspondem aos encontrados por LAZZARINI e MORAKS (1958), TEIXEIRA et alii (1968, 1969, 1970, 1971, 1982 e 1991), CARVALHO et alii (1970) e MIYA et alii (1973/74), os quais verificaram que os grãos defeituosos verdes, ardidos, pretos e preto-verdes depreciam o tipo e qualidade da bebida do café. Apenas 2% do defeito preto-verde já alterou a qualidade da bebida do café conforme TEIXEIRA e FAZUOLI (1989).

ILLY et alii (1982) realizaram um estudo sobre as características de reflectância dos grãos defeituosos visando sua eliminação dos lotes de café através

de seleção eletrônica pela cor. Neste estudo os autores além da reflectância estudaram também, através de microscopia eletrônica, as características da superfície e das células dos grãos defeituosos. Verificaram que a desorganização celular aumenta dos grãos verdes para os ardidos e destes para os grãos pretos. Essa desorganização celular permite que a água penetre e se difunda com maior facilidade quanto maior a gravidade dos danos celulares. Essa hipótese tem confirmação nos resultados obtidos na Tabela 23, onde 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.

Após o estudo dos fatores que podem afetar a condutividade elétrica do exsudado de grãos de café, verificou-se como os métodos de colheita e processamento afetam a qualidade do café e sua condutividade elétrica.

O primeiro aspecto estudado, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 24 e 25, ressaltam que a colheita de frutos verdes deprecia a qualidade do café obtido, concordando com TEIXEIRA et alii (1970), MIYA et alii (1973, 1974) e TEIXEIRA et alii (1984).

A influência da colheita de frutos verdes sobre a qualidade do café resultante, avaliadas pelo número de defeitos (tipo) e qualidade da bebida, depende profundamente do estágio de maturação destes grãos verdes e das condições de processamento Ma-calheita. Isto explica diferenças entre trabalhos sobre o tema e as diferenças de

comportamento encontradas entre os frutos verdes, colhidos em Piracicaba e Patrocínio, confrontando-se as Tabelas 24 e 25. Nestas verifica-se que o teste de condutividade elétrica foi mais sensível em discriminar as diferenças entre os tratamentos (porcentagens de grãos verdes) que a classificação tradicional em tipos e bebida. O acréscimo de apenas 10% de frutos verdes já alterou significativamente a condutividade elétrica, conforme Tabela 25, enquanto que nas condições de Patrocínio foram necessárias a adição de 40% de frutos verdes para alterar o tipo, passando de 7 para 8, e 30% para alterar a bebida de duro para duro-ácido.

Nas condições de Piracicaba (Tabela 24) o acréscimo de frutos verdes mascarou a qualidade da bebida, pois na ausência de frutos verdes a bebida era de qualidade inferior (Duro/Riada), enquanto que a adição de 10% de frutos verdes alterou-a para Duro(Verde). Considerando o tipo este foi alterado apenas no tratamento com 30% e 40% de frutos verdes (Tabela 24).

Os resultados obtidas nas Tabelas 24 e 25, refletem o estado de organização das membranas celulares dos grãos resultantes de frutos imaturos (verdes), pois quanto maior a sua porcentagem, maiores a lixiviação de potássio e a condutividade elétrica obtidas. Estes resultados concordam com os obtidos por MARCOS FILHO et alii (1981) ao estudarem a permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja.

U processamento adequado dos frutos colhidos é uma etapa fundamental para obtenção de um café de boa

qualidade, Os resultados das Tabelas 26, 27 e 28 ressaltam a estreita interação que existe entre estadio de maturação dos frutos de café e a temperatura na qual estes frutos são secos.

TEIXEIRA et alii (1982) já haviam relatado que os frutos de café colhidos no estágio de maturação verde, ao serem submetidos à secagem sob temperaturas superiores a 45°C sofrem sérias alterações enzimáticas, resultando em grãos com defeitos preto-verdes. Resultado semelhante foi obtido neste trabalho, conforme Tabela 27, onde os frutos verdes submetidos à 60°C resultaram em grãos de café com defeito, preto-verdes impróprios para o consumo. Mesmo os frutos cerejas à 60°C apresentaram alterações resultando em grãos de café de qualidade de bebida inferior (Tabela 27).

O efeito prejudicial da elevação da temperatura de secagem sobre a qualidade do café pode ser melhor visualizada na Tabela 28. Nesta a condutividade elétrica e a lixiviação de potássio crescem de forma linear e mais acentuada para os frutos colhidos verdes, à medida que aumenta a temperatura de secagem. Considerando que se trata do mesmo genótipo, com mesmo histórico, e que antes da instalação do teste procedeu-se à uniformização do grau de umidade das amostras, os resultados obtidos demonstram que as diferenças obtidas refletem o estado de organização das membranas celulares.

Para atingir o objetivo final deste trabalho buscou-se encontrar valores de condutividade elétrica do

exsudato dos grãos de café que estivessem estreitamente relacionados com a qualidade da bebida e que pudessem complementar os testes para avaliação da qualidade do café. Para tal coletaram-se em dez locais diferentes e sob vários métodos de colheita, amostras de café que resultassem em grãos com diferentes qualidades de bebida.

Na avaliação da qualidade da bebida não se pode seguir as recomendações de TEIXEIRA (1972) e, BASSOLI (1992) por falta de estrutura e pessoal habilitado.

Visando contornar estas deficiências optou-se pela realização simultânea da prova de xícara em três locais que reúnem todas as exigências para uma competente avaliação da bebida do café. Considerando as diferenças intrínsecas de cada Local de prova (grau de torração do café obtido, qualidade da água para preparo da infusão, ambiente de prova, etc.) observa-se na Tabela 29 que para preparo da infusão existiram pequenas diferenças entre os resultados obtidos pelos provadores [Tabela 29).

Nesta Tabela 29 realizou-se a análise individual para local de prova de xícara pelos motivos anteriormente expostos e para local de colheita, pois os diferentes históricos; épocas de colheita e manejo do lote obtidos impediram claras comparações entre os locais de colheita.

Os resultados obtidos nas Tabelas 29 e 30 destacam a superioridade dos cafés despulpados.

Outro aspecto que chama a atenção é a pequena diferença de qualidade existente em alguns locais de

colheita entre os cafés mistura e varrição (Tabelas 29 e 30). Isto pode ter ocorrido devido às boas condições climáticas (baixa precipitação) reinantes após a maturação e queda dos frutos ao chão, e a influência negativa dos frutos colhidos no estágio de maturação verde. Estes resultados ressaltam a necessidade de maiores informações [pesquisas] sobre o manejo dos frutos verdes.

A relação existente entre a qualidade da bebida e o teste de condutividade elétrica pode ser visualizada nas figuras 6, 7 e 8. Esta relação é inversa e linear ou seja, quanto pior a qualidade da bebida do café maiores os valores de condutividade elétrica obtidos. Confirma-se, assim, a hipótese levantada por AMORIM (1978) de que o estado de organização do sistema de membranas do grão cru está relacionado com a qualidade do café.

Apesar da base teórica consistente em que se fundamenta o teste de condutividade elétrica não foi possível encontrar valores de C.E. que separassem com exatidão os diferentes padrões de bebida, devido a sobreposição dos intervalos de confiança (figuras 6, 7 e 8). Entretanto este teste por ser simples, rápido e barato (POWELL, 1986) pode ser utilizado como método auxiliar na determinação de qualidade do café.

6. CONCLUSÃO

O resultado obtido no presente trabalho, analisado e discutido a luz da bibliografia consultada, permite confirmar a hipótese de existência da relação entre o teste de condutividade elétrica do exsudato de grãos de café com a sua qualidade, avaliada pelo padrão de bebida.

Permite, ainda, afirmar que:

- a metodologia mais adequada para a avaliação da condutividade elétrica consiste na utilização de quatro amostras de 50 grãos de café., sem escolha, pesados (precisão de 0,1 g), imersas em 75 ml de água destilada (no interior de copos de plásticos de 180 ml de capacidade) e colocadas em ambiente a 25°C por 3,5 horas, seguida de agitação e leitura em condutivímetro elétrico, expressando os resultados em $\mu\text{S/g}$ de amostra;
- a lixiviação de ions, principalmente potássio, e a condutividade elétrica estão relacionadas diretamente com a absorção de água pelos grãos de café
- a condutividade elétrica sofre efeito marcante dos defeitos dos grãos de café (grãos preto-verdes, preto, ardidos, verdes e brocados) sendo que esta sequência corresponde a ordem de importância da degradação do sistema de membranas;

- o grau de umidade. o genótipo e o tamanho dos grãos também influenciam a medida da condutividade elétrica;

- o acréscimo de frutos colhidos no estágio de maturação verde deprecia a qualidade do café, muito mais se estes frutos forem submetidos à secagem sob temperaturas superiores a 45°C, quando avaliados pelo teste de condutividade elétrica;

- o preparo do café via despulpamento dos frutos propiciou a obtenção de cafés de melhor qualidade (melhor bebida, menor número de defeitos e menor condutividade elétrica) em todas os locais de colheita estudados;

- existe uma relação inversa entre padrão de bebida e condutividade elétrica ou seja quanto melhor a qualidade da bebida, menores os valores de condutividade elétrica dos exsudatos de grãos crus de café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A.A. e ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZŁOWSKI, T.T. ed. Seed Biology. New York, Acad. Press, p.283-315, 1972.

ALVIN, P. de T. Factors affecting flowering of coffee. In: SRB, A.M. ed. Genes, enzymes and population New York, Plenum, p.193-202, 1973.

AMORIM, H.V. e SILVA, D.M. Relationship between the polyphenol oxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. *Nature*, v.219, p.381-382, 1968.

AMORIM, H.V. Relação entre alguns compostos orgânicos do grão do café verde com a qualidade da bebida. Piracicaba, 1972. 136p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; BREVIGLIERI, O.; CRUZ, V.F. e MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. I. Carbohydrates, *Turrialba*, v.24, p.214-216, 1974a.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; QUERCIO, M.A.; CRUZ, V.F. e MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage II. Phenolic compounds. *Turrialba*, v.24, p.217-221, 1974b.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; CRUZ, V.F. e MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage, III Soluble protein-Turrialba, v.24, p.304-308, 1974c.

AMORIM, H.V.; JOSEPHSON, R.V. Water soluble protein and non protein components of Brazilian green coffee beans. Journal of Food Science, v.40, n.5, p.1179-1184, 1975.

AMORIM, H.V.; CRUZ, V.F.; TEIXEIRA, A.A.; MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. V. Multiple linear regression analysis. Turrialba, v.25, n.1, p.25-28, 1975a.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M.; CRUZ, V.F. and MALAVOLTA, E. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. IV. Electrophoresis of proteins in agar-gel and its interaction with chlorogenic acid, Turrialba, v.25, p.18-24, 1975b.

AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A. Transformações bioquímicas, químicas e físicas do grão de café verde e qualidade da bebida. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 3, Curitiba, 1975c. Resumos. Rio de Janeiro, MIC/TBC, 1975.

AMORIM, H.V.; CRUZ, A.R.M.; BASSO, L.C.; COSTA, J.P.; OLIVEIRA, A.J. e TEIXEIRA, A.A. Relação entre a coloração do grão e da película prateada do café e a presença de enzimas oxidativas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 4, Caxambu, MG. 1976a. Resumos. Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1976.

AMORIM, H.V.; LEGENDRE, M.T.; AMORIM, V.L.; St. ANGELO, A.; ORY, R.L. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VIII Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase and peroxides. Turrialba, v.26, n.2, p.193-195, 1976b.

AMORIM, H.V.; SMUCKER, R. e PFISTER, R. Some physical aspects of Brazilian green coffee beans and the quality of the beverage. Turrialba, v.26, p.24-27, 1976c.

AMORIM, H.V.; AMORIM, V.L. Coffee Enzymes and Coffee Quality, IN: "Enzymes in Food and Beverage Processing", ORY, R.L. and St. ANGELO, A.J. ed. ACS Symposium Series n. 47. American Chemical Society, p.27-56, 1977.

AMORIM, H.V.; CRUZ, A.R.; DIAS, R.M.; GUTIERREZ, L.E.; TEIXEIRA, A.A.; MELO, M. e OLIVEIRA, G.D. Transformações químicas e estruturais durante a deterioração da qualidade do café, In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5. Guarapari, ES; 1977. Resumos IBC/GERCA, 1977, p.45-18.

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

AMORIM, H.V. e MELLO, M. Significance of Enzymes in Non-alcoholic Coffee Beverage. In: Food Enzymology, v.2. Elsevier (in press), p.189-209, 1992.

- ARCILA-PULGARIW, J.; GERMAN-VALENCIA, A. Relacion entre la actividad de la polifenol oxidase (PFO) y las pruebas de catacion como medidas de la calidad de la bebida del cafe. Cenicafé, Colômbia, v.26, n.2, p.55-71, 1975.
- ARCILA-PULGARIN, J. Influencia de la temperatura de secado en la germinacion de las semillas de café. Cenicafé Colômbia, v.27, n.2, p.89-91, 1976.
- ARCILA-PULGARIN, M.I. e OROZCO-CASTANO, F.J. Estudio morfológico del desarrollo del embrion de café. Cenicafé, Colômbia, v.38, v.1-4, p.62-78, 1987.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor testing handbook. East Lansing, AOSA, 1983. 88p.
- BACCHI, O. Seca da semente de café ao sol. Bragantia, Campinas, v.14, n.22, p.225-236, 1955.
- BACCHI, O. Novos ensaios sobre a seca da semente de café ao sol. Bragantia, Campinas, v.15, p.83-91, 1956.
- BACCHI, O. O branqueamento dos grãos de café. Bragantia-Campinas, v.21, p.467-484, 1962.
- BARROS, R.S. e MAESTRI, M. Floração do cafe: uma revisão. Revista Ceres. Vicosa, v.25, p.467-479, 1978.
- BARROS, A.S.R. Testes para avaliação rápida da viabilidade e do vigor de sementes de soja. Piracicaba 140p. 1988 (Mestrado - Esc. Sup. Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BÁRTHOLO, G.F.; MAGALHÃES FILHO, A.A.R.; GUIMARÃES, P.T.G. e CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. Informe Agrocepuário, Belo Horizonte, v.14, n.162, p.33-44, 1991.

BARTON, L.V. *Seed Preservation and Longevity*. Leonard Hill, London, 1961. 216p.

BASSOLI, P.G. Avaliação da qualidade de cafés verdes brasileiros: uma análise multivariada. Londrina, PR, 1992. 110p. (Mestrado - Universidade Estadual de Londrina).

BEDFORD, L.V. Conductivity tests in commercial and hand harvested seed of pea cultivars and their relation to field establishment. Seed Science and Technology Zurich, v.2, n.3, p.323-335, 1974.

BEGAZO, J.C.F.O. Ensaio sobre degomagem e armazenamento de café despulpado. Revista Ceres, Viçosa, v.17, n.92, p.139-156, 1970.

BERJAK, P. e VILLIERS, T.A. Ageing in plant embryos. V. Lysis of the cytoplasm in nonviable embryos. New Phytologist, v.71, p.1075-1079, 1972.

BITANCOURT, A.A. As fermentações e podridões da cereja de café. Boletim da Superintendência dos Serviços do café, v.32, n.359, p.7-14, 1957.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes, Depto. Nac. Veg. DISEM. 188p. 1976.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Café-Grupo Executivo de Reacionalização da Cafeicultura. Cultura do Café no Brasil: Manual de recomendações 5.ed. ampliada. Rio de Janeiro, 1985. 580p.

CAIXETA, I.F. Maturação fisiológica da semente do cafeeiro (Coffea arabica. L.) cv. Mundo Novo, Lavras, 1980. 47p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).

CAIXETA, I.F. e ALVARENGA, G. Maturação fisiológica da gemente do cafeeiro Coffea arabica L. c.v. Mundo Novo). Ciência e Prática, Lavras, v.5, n.1, p.48-54, 1981.

CALLE, H.V. Pruebas químicas para determinar la calidad de café. Cenicafé (Colômbia), v.8, p.158-160, 1955.

CALLE, H.V. Reacciones cualitativas en la determinación del aroma del café.: Cenicafé (Colômbia, v.14, n.3, p.187-194, 1963.

CANNEL, M.G.R. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M.N. e WILSON, K.C. Eds. Coffee: Botany, Biochemistry and Production of **Beans** and Beverage. Westport, AVI Publishing, 1985, p.108-134.

CARVALHO, A.; GARRUTTI, R.S.; TEIXEIRA, A.A.; PUPO, L.M. e MONACO, L.C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. Bragantia, Campinas, v.29, n.20, p.207, 220, 1970.

CARVALHO, V.D. e CHALFOUN, S.M. Aspectos qualitativos do café. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.11 n.126, p.79-92, 1985.

CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M.; COSTA COUTO, A.; CHAGAS, S.J.R. e VILELA, E.R. Efeito do tipo de colheita e local de cultivo na composição físico-química e química do grão beneficiado. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras 15, Maringá, 1989. Resumos Ria de Janeiro MIC/IBC, 1989. p.23-4.

CATANI, R.A.; PELLEGRINO, D.; ALCARDE, J.C.; GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na quantidade de macro e micronutrientes no fruta do cafeeiro durante o seu desenvolvimento, Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.24, p.249-63, 3967 .

CENTI-GROSSI, M.; TASSI-MICRO, C. e SILANO, V. Albumen fractionation of green coffee seed varieties by acrylamide gel electrophoresis, Phytochemistry, v.8, p.1749-1751, 1969.

CHALFOUN, S.M.; SOUZA, J.C. e CARVALHO, V.D. Relação entre a incidência de broca [Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867)] e microrganismos em grãos de café. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11. Londrina, PR, 1984. Resumos. Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1984. p.149-50.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D. Microflora associada a frutos e grãos de café de diferentes locais, tipos de colheita e diferentes etapas do preparo. In: Congresso Brasileira de Pesquisas Cafeeiras, 11. Londrina. PR, 1984. Resumos, Rio de Janeiro MIC/IBC, 1984, p.

CHAVES, J.C.P. Concentração de nutrientes nos frutos e folhas e exportação de nutrientes pela colheita durante um ciclo produtivo do cafeeiro (Coffea arabica L. c.v. Catuaí). Piracicaba, 1982. 131p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CLARKE, R.J. e WALKER, L.J. Potassium and other mineral contents of green, roasted and instante coffers. Journal of Science and Food Agricultrure, v.25, p.1309-1404, 1974.

CLARKE, R.J. e MACRAE, R. Coffee V.1. Chemistry Elsevier Applied Science Publishers Crown House. 1985. 306p.

CLIFFORD, M.N. The compositon of green and roasted coffee beans. Process Biochemistry, p.20-23, 1975.

CLIFFORD, M.N. Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. In: Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. and WILSON, K.C. ed. Croom Helm, London. 1985. p.305-359.

CLIFFORD, M.N. Coffee Technology outlook - Physical properties of the coffee bean. Tea Coffee Trade Journal, Apr, p.14-16, 1986.

CORTEZ, J.C. e AZEVEDO, A.M.G. Aspectos bioquímicos e estruturais do branqueamento do grão de café. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 9. São Lourenço, MG, 1981. Resumos, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1981. p.201-202.

CORTEZ, J.G. Variação da qualidade do café sobre a composição de ácidos graxos. In: Congresso Brasileira de Pesquisas Cafeeiras, 17. Varginha, 1991. Resumos, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1991. p.84-85.

DEDECCA, D.M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de Coffea arabica L. var. typica Cramer Bragantia, Campinas, v.16, n.23, p.315-366, 1957.

DENTAN, E. The microscopic structure of the coffee bean. In: Coffee. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. CLIFFORD, M.N. and WILLSON, K.C. eds. Crom Helm London, 1985. p.284-304.

DRAETTA, I.S. e LIMA, D.C. Isolamentos e caracterização dos polifenoloxidasas do café. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos Campinas, v.7, p.3-28, 1976.

ESTEVES, A.B. Acidificação ao longo do tempo da gordura do grão de café cru. Estudo Agronômico, Lisboa, v.1, n.4, p.297-317, 1960.

FELDMAN, J.R.; RYDER, W.S. e KUNG, J.T. Importance of non volatile compounds to the flavor of coffee. Journal of Agriculture and Food Chemistry, v.17, p.733-739, 1969.

FERRAZ, M.B. e VEIGA, A.A. Secagem racional do café. Secretaria da Agricultura, 12p., 1957.

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L.E. e TEIXEIRA, A.A. Composição e propriedades da fração lipídica de grãos de cafés de bebida mole, dura, riada e rio. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.31, p.495-507, 1974.

FONSECA, H.; GUTIERREZ, L.E. e TEIXEIRA, A.A. Nitrogênio total de grãos de café verde de diferentes tipos de bebidas. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.31, p.492-494, 1974.

FRANCO, C.M. A eliminação da substância pética do café despulpado é causada por microrganismos. Bragantia, Campinas, v.19, n.38, p.621-626, 1960.

FRANCO, C.M. Fisiologia do cafeeiro- In: Cultura e adubação do cafeeiro. 2 ed. São Paulo, Instituto Brasileiro da Potassa, p.63-80, 1965.

FREIRE, A.C.F. e MIGUEL, A.C. Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha - MG. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12. Caxambu, 1985. Resumo Rio de Janeiro MIC/IBC, 1985, p.210-214.

GARRUTI, R.S. e CONAGIN, A. Escala de valores pra avaliação da qualidade de bebida de café. Bragantia, v.20, p.557-562, 1961.

GARRUTI, R.S. e GOMES, A.G. Influência do estado de maturação sobre a qualidade da bebida do café na região do Vale do Paraíba. Bragantia, v.20, p.989-995, 1961.

GARRUTI, R.S.; TEIXEIRA, C.G.; TOLEDO, O.Z e JORGE, J.P.N. Determinação de sólidos solúveis e qualidade da bebida em amostras de café dos portos brasileiros de exportação. Bragantia, v.21, p.78-82, 1962.

GERMAN-V. A. Actividad enzimatica en el grano de cafe en relacion con la calidad de la bebida de cafe- Cenicafe, Colombia, v.23, p. 3-18, 1972.

HARRINGTON, J.F. Biochemical basis of seed longevity. Seed Science and Technology, Zurich, v.1,n.2, p.453-46, 1973.

HEPBURN, H.A.; POWEL, A.A. e MATTEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. Seed Science and Technology, Zurich, v.12, n.2, p.403-413, 1984.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. ed Viability of seeds Syracuse, Syracuse University Press, 1972. p.209-252.

ILLY, E.; BRUMEN, G.; MASTROPASQUA, L. e MAUGHAN, W. Study on the characteristics and the industrial sorting of defective beans in green coffee lots. In: Coloquio Científico Internacional sobre a Café, 10. Salvador, BA 1982. p.99-128.

JORDÃO, B.A.; GARRUTII, R.S.; ANGELUCCI, E. TANGO, J.S. e TOSELLO, Y. Armazenamento de café beneficiado a granel , em silo com ventilação natural. Col. Inst. Tec. Alim. (São Paulo), v.3, p.253-291, 1969/70.

KRUG, H.P. Cafés duros. II Um estudo sobre a qualidade dos cafés de varrição. Revista do Instituto do Café, São Paulo, v.15, p.1393-1396, 1940.

KRUG, H.P. A origem da variação de bebida dos ~~nosso~~ cafés. Campinas, Sociedade Rural Brasileira, 1941.

KRUG, H.P. A origem dos cafés duros. Boletim da Agricultura, São Paulo, v-48, p.397-406, 1947.

KRUG, H.P. Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. Revista de Agricultura, Piracicaba, v.20, p.416-426, 1945.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes; de vigor disponíveis para as grandes culturas. Informativa Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes. Brasília, v.1, n.1, p.15-50, 1991.

KUO, W.H.J. Delayed-permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. Seed Science and Technology, Zurich. v.17, p.131-142, 1989.

LACERDA, L.A.O.; MIARELI, M.; DAVOLI, J.Z.; CARVALHO, R.; LOPES, I.C.; GUERRA NETO, E.G.; KANASHIRO, J.K.; LUZIN, N.R.; SANTINATO, R.; CORTEZ, S.C.; PAES DE CAMARGO, A.; TRIXEIRA, A.A.; OLIVEIRA, N.A. e SANTINI, M. Influencia da técnica de colheita e preparo na qualidade do café., em diferentes regiões cafeeiras do estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14. Campinas, 1987. Resumos. Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1987, p.272-275.

LAZZARINI, W. e MORAES, F.R.P. Influência dos grãos deteriorados ("tipo") sobre a qualidade da bebida de café. Bragantia, v.7, p.109-118, 1958.

- LE DEUNFF, Y-; BALLOT, S. e TOUBOUL, C. Hydration des graines de lupin blanc et rehydratage des electrolytes. Seed Science and Technology. Zurich, v.17, p.325-340, 1989.
- LEITE, I.P. Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (Coffea arabica L.). Lavras, 1991. 131p. (MS - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- LEON, T. e FOUNIEL, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de Coffea arabica L. Turrialba, Costa Rica. v.12, n.2. p.65-74, 1962.
- LOEFFLER, T.M. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. 1981 (M8 - Thesis University of Kentucky, Lexington).
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M. e EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. Journal of Seed Technology, Lansing, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- LOPES, R.P. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café (Coffea arabica L.) durante a armazenagem Viçosa, 1988. 78p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- MACRAE, R. Coffee. v.1. Chemistry Elsevier Applied Science Publisher, p.115-152, 1985.

- MAGALHÃES, A.C.N. e ANGELOCCI, L.R. Sulden alterations in water balance associated with flower bud openin in coffee plants. Journal of Horticultural Science, London, v.51, p.419-423, 1976.
- MATUNDER, S.K.; NATARAJAN, C-P.; BHATIA, D.S. Some aspects of the storage of coffee under warehouse conditions- Indian Coffee, Bangalore, v.26, n.6, p.169-170, 1962.
- MALAVOLTA, E.; GRANER, E.A.; SARRUGE, J.R. e GOMEZ, L. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XI. Extração de macro e micronutrientes na colheita pelas variedades "Bourbon Amarelo", "Caturra Amarelo" e "Mundo Novo". Turrialba, v.13, n.3, p.188-9, 1963.
- MARCOS FILHO, J.; AMORIM, H.V.; SILVAROLA, M.B. e PESCARIN, H.M.C. Relação entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: Seminário Nacional de Pesquisa de Soja, 2, Brasilia, DE, 1981. Anais ..., Londrina, EMBRAPA - CNPSo, 1982, p.676-683.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C. e CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasilia, v.25, n.12, p.1805-1815, 1990.

MATHEWS, S. e BRADNOCK, W.T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. Hort. Res. v.8. p. 89-93. 1968.

MATIELLO, J.B.; STEVANATO, S.G.; ZATTAR, J.C. E TOLEDO, JL. B. Caracterização de cafés preparados por despulpamento na Zona da Mata de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15. Maringá, 1989. Resumos, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1989. p.164-165.

MAZZAFERA, P.; GUERREIRO, F.Q. e CARVALHO, A. Estudo da coloração verde de grãos de café: Determinação de flavoróide e clorófilas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 11, Londrina, PR. Resumos, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1984. p.178-181.

MCDONALD, Jr, M.B. e NELSON, C-J. Ed. Physiology of Seed Deterioration. ESSA, Madison, 1986. 123p.

MCDONALD Jr, M.B. e WILSON, D.O. An assessment of the standardization and the ability of the ASA-610 to rapidly predict potential soybean germination. Journal of Seed Technology, Lansing, v.4, n.2, p.1-11, 1979.

MCLOY, J.F. Mechanical drying of arabica coffee. Kenya Coffee, Naovili, v.44, n.516, p.13-26, 1979.

MELO, M, e AMORIM, H.V. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. VI visible spectral analysis and chlorogenic acids content on TCA soluble buffer extracts. Turrialba, v.25, p.243-248, 1975.

MELO, M.; FAZUOLI, L.C.; TEIXEIRA, A.A.; AMORIM, H.V. Alterações físicas, químicas e organolépticas em grãos de café armazenados. Ciência e Cultura, v.32, n.4, p.468-471, 1980.

MEIRELES, A.M.A. Ocorrência e controle da microflora associada aos frutos de café (Coffea arabica L.) provenientes de diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. Lavras, 1990. 71p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras)

MELLO AYRES, G.C. A ocorrência de plasmodesmas no endosperma de Coffea arabica L. var Typica Cramer. Bragantia, Campinas, v.13, p.281-286, 1954.

MENCHU, E.F. La determinacion de la calidad del café. Parte 1. Caracteristicas color y aspecto. Agricultura de las Americas, Kansas City, Missouri, v.16, n.5, p.18-21, 1967.

MENCHU, E.F. La determinacion de la calidad del café- Parte 2. Causas y origenes de sus defectos. Agricultura de las Americas. Kansas city, Missouri, v.16, n.6, p.38-40, jun, 1967.

MENDES, A.J.T. Observações citológicas em Coffea. VI. Desenvolvimento do embrião e do endosperma em Coffea arabica L. Bragantia, Campinas, v.2, p.115-128, 1942.

MENESES, H.C. Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquímico com maturação de café!. Campinas, 1990 [Doutorado - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos).

MIGUEL, A.E.; FRANCO, C.M.; MATIELLO, J.B. e NETTO, K.A. Influência do deficit hídrico em diferentes épocas após a floração, no desenvolvimento de frutos de café. Cafeicultura Moderna, v.1, n.1, p.17-18, 1988.

MIYA, E.E.; GARRUTI, R.S.; CHAIB, M.A.; ANGELUCCI, E.; FIGUEIREDO, I. e SHIROSE, I. Defeitos do café e qualidade da bebida. Col. Int. Tecn. Alim., Campinas, v.5, p.417-432, 1973/74.

MORAES, R.M.; ANGELUCCI, E.; SHIROSE, I. e MEDINA, J.C. Determinação de sólidos solúveis em cafés arabica e canephora. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.5, p.199-221, 1973/74.

MULTON, J.L.; POISON, J.; CAHAGNIER, B.; HAHN, D.; BAREL, M.; SANTOS, A.C. Evolution de plusieurs caracteristiques dun cafe arabica an cours d'un stockeje experimental effectue à cinq humidites relative8 et quatre temperatures diferentes. Café Cacao The, Paris, v.18, n.2, p.121-132, an/jun, 1974.

MUTISO, S. Yellow Cherry. Kenya Coffee, Nairobi, v.36, n.428, p.281-282, 1971.

NOBRE, G.W.; TEIXEIRA, R.A.F.; CARVALHO, C.H.S. Rendimento e qualidade do café em frutos colhidos em diferentes estágios de maturação. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, v.9, p.417-419, 1980.

NORTHMORE, J.M. Some factors affecting the quality of Kenia Coffee. Turrialba, v.15, p.184-193, 1965.

NORTHMORE, J.M. Raw bean colours and the quality of Kenya arabica coffee. Turrialba, Costa Rica, v. 18, n.I, p.114-20, 1968.

NJOROGE, S.M. Notes on the chemical basis of coffee quality. Kenya coffee, p.152-154, 1987.

OHIOKPEHAI, O.; BRUMEN, G. e CLIFFORD, M.N. The chlorogenic acids content of some peculiar green coffee beans and the implications for beverage quality. Colóquio Científico Internacional Sobre o Cafe 10. ASIC, Salvador, 1982. p.177-185.

OLIVEIRA, J.C. Relação da atividade enzimática da polifenol oxidase, peroxidase e catalase dos grãos de café e qualidade da bebida. Piracicaba, 1972. 80p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

OLIVEIRA, J.C.; SILVA, D.M.; AMORIM, H-V. e TEIXEIRA, A.A. Atividade enzimática da polifenol oxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. Científica, v.4, n.2, p.114-119, 1976.

OLIVEIRA, J.C.; SILVA, D.M.; TEIXEIRA, A-A. e AMORIM, H.V. Atividade enzimática da polifenol oxidase, peroxidase e catalase em grãos de Coffea arabica L. e relações com a qualidade da bebida. Turrialba, v-27, n.1, p.75-82, 1977.

OLIVEIRA, M.A.; MATTHEWS, S. e POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigor in comercial seed lots of soybean, as measured by eletrical conductivity. Seed Science and Tecnology, v.12, n.2, p.659-668, 1984.

PARRISH, C.J. e LEOPOLD, C. On the mechanism of aging in soybean seed. Plant Physiology, v.61, n.3, p.365-368, 1978.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 10. ed. Piracicaba, 1982.

PIMENTEL GOMES, F.; CRUZ, V.F.; CASTILHO, A.; TEIXEIRA, A.A. e PEREIRA, L.S. A influência de grãos pretos em ligas com cafés de bebida mole. Anais da Escola superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", v.24, p.71-81, 1967.

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

PRIESTLEY, D.A. Seed Aging Comstock Publishing Associates. ITHACA, N.Y., p.304, 1986.

FUSCHMANN, R, Características bioquímicas do fruto de cafeeiro (Coffea arabica L.) durante a maturação. Viçosa, 1975, 35p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

QUEIROGA, V.P. e PARRA, N.R. Análises dos eletrolitos nos exsudatos das sementes de girassol (Helianthus annuus L.) In: Congresso Brasileiro de Sementes, 6. Brasília, 1989. Resumas. AERATES, Brasília, 1989, p.66.

RENA, A.B. e MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: Cultura do cafeeiro, fatores que afetam a produtividade. 1 ed. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.13-85, 1986.

RIGITANO, A.; TOSELLO, A.; SOUZA, O.F.; GARRUTTI, R.S. e JORGE, J.P.M. Observações preliminares sobre armazenamento de café beneficiado a granel. Bragantia, v.23, p.39-43, 1964.

RIGITANO, A.; GARRUTTI, R.S. e JORGE, T.P.N. Influencia do tempo decorrido entre a colheita e o despolpamento de café cereja, sobre a qualidade da 'bebida. Bragantia, v.26, n.3, p.31-37, 1967.

ROBERTS, E.H. ed. Viability of Seeds, 1972a. 448p.

ROBERTS, E.H. Cytological, genetical, and metabolic changes associated with loss of viability. In: ROBERTS, E.H. ed. Viability of seeds. Syracuse Univ. Press, 1972b. p.253-306.

RODRIGUEZ, D.B.; FRANK, H.A. e YAMAMOTO, H.Y. Acetaldehyde as possible indicator of spoilage in green coffee- Journal of Science and Food Agriculture, v.20, p.15-17, 1969.

ROTEMBERG, B. e IACHAN, A. Método químico automático para diferenciação de "café bebida". Revista Brasileira de Tecnologia, v.2, p.67-69, 1971.

ROTEMBERG, B. e IACHAN, A. Contribuição ao estudo enzimático do grão do café. I. Tirosinase e Lacase. Revista Brasileira de Tecnologia, v.3, p.155-159, 1972.

SABBAGH, N.; YOKOMIZO, Y. e FARIA, T.B. Influência da torração nos conteúdos de monossacarídeos de cafés arábica, robusta e da híbrido Icatu. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.8, p.111-130, 1977.

SAMPAIO, J.B.R. e AZEVEDO, I.A. Influência de grãos de café secos no pé em mistura com grãos maduros (cereja) sobre a qualidade do café.. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15. Maringá, 1989. Resumos, Rio de Janeiro, MIC/IBC, 1989. p.1-3.

SANINT, O.B. e VALENCIA, A, Actividade enzimática en el grano de café en relación con la calidad de la bebida. I. Duración de la fermentación. Cenicafé, Colômbia, v.23, p.59-71, 1972.

SANTOS, A.C.; HAHN, D.; CAHAGNIER, B.; DRAPRON, R.; GUILBOLT, A.; LEFEBVRE, J.; MULTON, J.L.; POISSON, J.; TRENTESAUX, E. Etude de la evolution de plusieurs caracteristiques d'un café arábica ou cours d'un stockage experimental effectuê a cinq humidites relatives diferentes. Café Cacao The, Paris, v.15, n.4, p.329-39, oct/dic, 1971.

SIMON, E.W. e RAJA HARUM, R.M. Leakage during seed imbibition. Journal of Experimental Botany, Oxford, v.23, n.77, p.1076-85, 1972.

SIMON, E.W. Plant membranes under dry conditions. *Pesticide Science*, v.9, p.169-172, 1978.

SIMON, E.W. e MATHAVAN, S. The time-course of leakage from imbibing seed of different species. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.14. n.1 p.9-13, 1986.

SPROESSER, C.A. *Café: função social, econômica e sua tecnologia*. 3. ed. IBC, Londrina. p.171, 1986.

STEERE, W.C.; LEVEENGOOD, W.C. e BONDIE, J.M. An electronic for evaluating seed germination and vigor. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.9, n.2, p.567-576, 1981.

STREULI, H. The present state of coffee chemistry. In: 5th Colloque International sur la chimie des cafés verts, torréfiés et leurs dérivés. Bogotá, 1974. p.61-72.

SUBRAHMANYAN, V.; BHATIA, D.S.; NATARAJAN, C.P.; MAJUNDER, S.K. Storage of coffee beans. *Indian Coffee*, Bangalore, v.25, n.1 p.26-36, 1961.

TAO, K.L.T. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. *Journal of Seed Technology*, Lanaing, v.3 n.1, p.10-8, 1978.

TANGO, J.S. Utilização industrial do café e dos seus subprodutos. *Boletim do ITAL*, Campinas, v.28, p.48-73, 1971.

TEIXEIRA, A.A.; PEREIRA, L.S.P.; GOMES, F.P.; CRUZ, V.F.R.; CASTILHO, A. A influência de grãos pretos em ligas com café de bebida mole. Boletim do Instituto Brasileiro do Café, Rio de Janeiro, p.10, 1968.

TEIXEIRA, A.A.; GOMES, F.P.; CASTILHO, A.; PEREIRA, L.S.R.; CRUZ, V.F.. A influência de grãos ardidos em ligas com café de bebida mole. Suplemento de Ciência e Cultura, v.21, n.2, p.356, 1969.

TEIXEIRA, A.A.; GOMES, F.P.; PEREIRA, L.S.P.; MORAES, R.S.; CASTILHO, A. A influência de grãos verdes em ligas com cafés de bebida mole. Suplemento de Ciência e Cultura, v.21, n.2, p.355-356, 1969.

TEIXEIRA, A.A. e PIMENTEL GOMES, F. O defeito que mais prejudica o café- Revista de Agriculturas, v.45, p.3-8, 1970.

TEIXEIRA, A.A.; CARVALHO, A.; MONACO, L.C. e FAZUOLI, L.C. Grãos defeituosos em café colhido verde. Bragantia, Campinas, v.30, n.8, p.77-90, 1971.

TEIXEIRA, A.A.; PEREIRA, L.S.P.; PIMENTEL GOMES, F e CRUZ, V.F. A influência de grãos ardidas em ligas com cafés de bebida mole. Ciência e Cultura, v.23, n.6, p.683-687, 1971.

TEIXEIRA, A.A. A técnica experimental da degustação do café. Piracicaba, 1972. 80p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

TEIXEIRA, A.A.; PEREIRA, L-S.P. e PINTO, J.C.A. Classificação de café. Noções Gerais. IBC/GERCA - RJ, 1974. 88p.

TEIXEIRA, A.A.; FAZUOLI, L.C. e CARVALHO, A. Qualidade da bebida do café. Efeito do acondicionamento e do tempo de conservação- Bragantia, v.36, p.103-108, 1977.

TEIXEIRA, A.A.; HASHIZUME, H.; NOBRE, G.W.; CORTEZ, J.G. e FAZVOLI, L-C. Efeito da temperatura de secagem na caracterização dos defeitos provenientes de frutos colhidos verdes. In: Coloquio Científico Internacinal sobre o Café, 10. Salvador, 1982. p.73-80.

TEIXEIRA, A.A.; NOGUEIRA, V.S.; SELLCHOPP, J. e FALSARELLA, M.L. Estudo do desempenho de secadores mecânicos e barcaças ventiladas, na secagem do café- Ecossistema, Espírito Santo do Pinhal, v.14, p.41-68, outubro, 1989.

TEIXEIRA, A.A.; TOLEDO, A.C.D.L; TOLEDO, J.L.B.; INSKAVA, J.M.; AZEVEDO, W.O. O prejuízo causado pelos grãos de café denominados defeitos verdes e preto verdes. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 17, Varginha, 1991. p.25-27.

TRAVAGLINI, D. e TOSELLO, Y. Aplicação da equação de Henderson em estudos de umidade de equilíbrio em café em coco, despulpado e beneficiado. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, v.2, p.403-413, 1967/68.

UNDERWOOD, G.E. e DEATHERAGE, E. Nitrogen compounds of coffee. Food Research, v.17, p.419-424, 1952.

VILLIERS, T.A. Ageing and the longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. ed. Seed Ecology. Pensilvania State University Press, 1973. p.2654-288.

VILLIERS, T.A. and EDGCUMBE, D.J. On the cause of seed deterioration in dry storage. Seed Science Technology, v.3, p.761-774, 1975.

VINCENT, J.C. Influence de la maturité des fruits sur la qualité du café robusta. Café, Cacao, Thé, v.12, n.3, p.240-249, 1968.

WILBAUX, R. Note préliminaire sur les enzymes et les réactions bio-chimiques du café, spécialement au cours de la préparation industrielle. Inst. Nat. Et. Agron. Congo Rapport annuel. 2^{eme} partie, 1938. p.3-45.

WILBAUX, R. e HAHN, D. Contribution à l'étude des phénomènes intervenant au cours de la conservation du café vert. Café Cacao Thé, Paris, v.10, n.4, p.342-367, 1966.

WILSON, D.O. Jr e McDONALD Jr, M.B. The lipid peroxidation model of seed aging. Seed Science and Technology, v.14, p.269-300, 1986.

WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Science and Technology*, Zurich, v.1, n.1. p. 127-157, 1973.

WOODSTOCK, L.W. Seed inhibition: a critical period for successful germination. *Journal of Seed Science*, Lansing, v.12, n.1. p. 1-15, 1988.

WOOTTON, A.E. The storage of parchment coffee. *Kenia Coffee*, v.35, p.144-147, 1970.

WOSIACK, G. Produção de enzimas hidrolíticas por fungos isolados do café. Curitiba, 1971, 33p. [Mestrado - Universidade Federal do Paraná. Instituto de Bioquímica].

YAKLICH, R.W.; KULIK, M.M. e ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity and radioactive tracer multiple interia laboratory tests to field performance. *Crop Science*, Madison, v.19, n.6, p.806-810, 1979.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A-D.; SILVEIRA Jr., P. Sistemas de análise estatística para microcomputadores - SANEST, Pelotas, UFPel., 1984 (Registro SEI n. 06606-0, categoria AO).

ZULUAGA-VASCO, J. Los factores que determinan la calidad del café verde. In: Conferencias Comemorative. 50 años de Cenicafé, 1938-1988. p.167-183, 1990.