

CONSUELO DOMENICI ROBERTO

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO SISTEMA DE ANÁLISE DE
PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE PARA
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DO CAFÉ NO PROCESSAMENTO
PÓS-COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação
em Engenharia Agrícola para obtenção do título de “Doctor
Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

R639a
2008

Roberto, Consuelo Domenici, 1975-
Aplicação dos princípios do sistema de análise de perigos
e pontos críticos de controle para avaliação da segurança
do café no processamento pós-colheita / Consuelo
Domenici Roberto. – Viçosa, MG, 2008.
xiii, 132f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Juarez de Sousa e Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 102-105.

1. Café - Qualidade. 2. Segurança alimentar. 3. Fungos.
4. Micotoxinas. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 633.73

CONSUELO DOMENICI ROBERTO

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO SISTEMA DE ANÁLISE DE
PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE PARA
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DO CAFÉ NO PROCESSAMENTO
PÓS-COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação
em Engenharia Agrícola para obtenção do título de “Doctor
Scientiae”

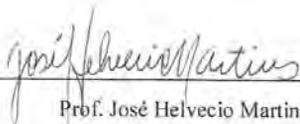
APROVADA EM: 26 de junho de 2008.



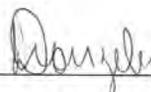
Prof. Onkar Dev Dhingra
(Co-orientador)



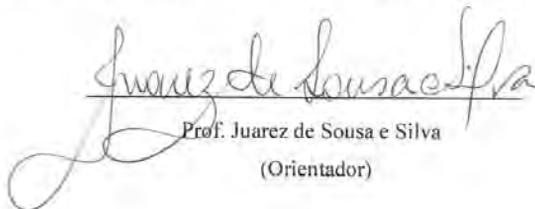
Prof. Sebastião Cesar Cardoso Brandão



Prof. José Helvecio Martins



DSc. Sérgio Mauricio Lopes Donzeles



Prof. Juarez de Sousa e Silva
(Orientador)

DEDICO

À Deus como resposta pela oportunidade de uma nova vida.

À minha avó Consuelo de Sousa Pimentel (*in memoriam*) por ser minha referência de vida,
força, fé e luta.

Aos meus pais Mauro e Helena, meu trabalho, minha vida e meus esforços.

Aos meus irmãos Ricardo e Cristiano mais uma conquista.

Ao amigo Abrahão Elias Hallack mais uma vitória.

A todos os meus grandes amigos e aos meus primos que estiveram ao meu lado em
momentos de muita luta e dificuldades.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa do Café (Embrapa Café) e ao Site Pós-colheita pelo auxílio financeiro.

Ao Professor Juarez de Sousa e Silva, pela orientação, confiança, oportunidade, ensinamentos e pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos Professores José Benício de Paes Chaves, Adílio Flauzino de Lacerda Filho e Onkar Dev Dhingra pelo auxílio, sugestões e pela grande ajuda.

Ao Professor Sebastião Cesar Cardoso Brandão pelas contribuições e ensinamentos.

Ao Professor José Helvecio Martins e ao DSc. Sérgio Maurício Lopes Donzeles pelas contribuições.

Aos proprietários e funcionários das fazendas de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália e Viçosa pela colaboração para a realização deste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e ao Técnico Geraldo Lopes, pela colaboração e contribuição.

À Roberta pela amizade, apoio e companheirismo.

À Cristiane, Edney, Fernanda e aos colegas da pós-graduação.

A todos amigos e amigas, pelo apoio e incentivo.

Ao grande amigo de sempre Rodrigo, pelas contribuições.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Consuelo Domenici Roberto, filha de Mauro Roberto e Teresinha Helena Domenici Roberto, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 20 de junho de 1975.

Em agosto de 1999, graduou-se em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2002, concluiu o curso de Pós-graduação em nível de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2004, iniciou o curso de Pós-graduação em nível de Doutorado em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS _____	viii
LISTA DE FIGURAS _____	xii
LISTA DE QUADROS _____	xvi
RESUMO _____	xvii
ABSTRACT _____	xviii
INTRODUÇÃO GERAL _____	1
CAPÍTULO 1: Avaliação da contaminação fúngica do café durante a colheita e pós-colheita em regiões produtoras do estado de Minas Gerais _____	2
1.0. Introdução _____	2
1.1. Revisão de literatura _____	4
1.1.1. Regiões produtoras de café no Brasil _____	4
1.1.2. Microrganismos naturalmente presentes em grãos _____	7
1.1.3. Estudos sobre a microbiota presente em grãos de café _____	8
1.1.4. Fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos em grãos _____	11
1.1.4.1. Atividade de água _____	11
1.1.4.2. Temperatura _____	14
1.1.4.3. Competição entre microrganismos _____	14
1.1.5. Fatores que influenciam a ocorrência de ocratoxina A em frutos e grãos de café _____	15
2.0. Objetivo geral _____	18
2.1. Objetivos específicos _____	18
3.0. Materiais e métodos _____	19
3.1. Estudo da influência de variáveis e determinação da presença e condições de desenvolvimento de microrganismos no processamento pós-colheita do café em regiões produtoras de Minas Gerais _____	20
3.1.1. Determinação da relação entre a contaminação fúngica do café e a taxa de secagem _____	20
3.1.2. Determinação da relação entre a contaminação fúngica do café e as condições de armazenamento _____	23

3.2. Levantamento da presença de fungos e micotoxinas no café durante a colheita e preparo em regiões produtoras de Minas Gerais _____	23
3.3. Descrição dos métodos e procedimentos das análises _____	23
3.3.1. Análises para determinação da umidade dos grãos de café ____	23
3.3.2. Medição da atividade de água e da temperatura da massa de grãos de café _____	23
3.3.3. Medição da umidade relativa e da temperatura ambiente ____	24
3.3.4. Medição do potencial evaporativo _____	24
3.3.5. Análises microbiológicas _____	25
3.3.6. Análises para detecção de OTA _____	25
3.3.7. Análises de bebida _____	26
4.0. Resultados e discussão _____	26
4.1. Caracterização climática das regiões durante a realização dos experimentos _____	27
4.2. Curvas de secagem _____	28
4.3. Valores de atividade de água durante o processo de secagem _____	33
4.4. Valores da temperatura da massa de grãos durante o processo de secagem _____	36
4. 5. Influência das variáveis avaliadas na qualidade da bebida dos cafés ____	39
4.6. Dados do potencial evaporativo na região de Araponga durante a realização dos experimentos _____	40
4.7. Contaminação fúngica do café na colheita, preparo e secagem _____	45
4.8. Resultados do experimento realizado na região de Viçosa _____	51
4.8.1. Características climáticas da região e comportamento dos cafés durante a secagem _____	51
4.8.2. Comportamento da atividade de água e da temperatura dos cafés durante a secagem _____	52
4.8.3. Dados da contaminação fúngica do café na colheita, preparo e secagem _____	54
4.8.4. Características ambientais e comportamento das variáveis durante o armazenamento _____	56

4.8.5. Resultados da contaminação fúngica do café durante o armazenamento _____	60
5.0. Conclusão _____	63
CAPÍTULO 2: Aplicação dos princípios do APPCC no processamento pós-colheita do café _____	64
1.0. Introdução _____	64
1.1. Revisão de literatura _____	66
1.1.1. Identificação dos perigos e determinação de pontos críticos de controle _____	66
1.1.2. Os princípios do sistema APPCC aplicados ao processamento pós-colheita do café _____	68
1.1.3. Aspectos tecnológicos da colheita e do processamento pós-colheita do café _____	70
1.1.4. Estudos toxicológicos sobre a ocratoxina A _____	75
2.0. Objetivo geral _____	76
2.1. Objetivos específicos _____	76
3.0. Materiais e métodos _____	77
3.1. Etapas preliminares da elaboração do APPCC _____	78
3.1.1. Descrição e distribuição do produto _____	78
3.1.2. Elaboração e descrição detalhada do fluxograma _____	78
3.2. Princípios do APPCC aplicados da colheita ao beneficiamento do café _____	78
3.2.1. Princípio 1: Identificação e análise dos perigos potenciais _____	78
3.2.2. Princípio 2: Identificação dos pontos críticos de controle (PCC) _____	79
3.2.3. Princípio 3: Definição dos limites críticos _____	79
3.2.4. Princípio 4: Definição dos procedimentos de monitoramento _____	79
3.2.5. Princípio 5: Definição das ações corretivas _____	80
3.2.6. Princípio 6: Definição dos procedimentos de verificação _____	80
3.2.7. Princípio 7: Definição dos registros _____	80
4.0. Resultados e discussão _____	81
4.1. Adequação às Boas Práticas Agrícolas _____	81
4.2. Resultados das etapas preliminares para elaboração do APPCC _____	84

4.2.1. Descrição do café cereja, cereja descascado e bóia _____	84
4.2.2. Elaboração e descrição detalhada do fluxograma pós-colheita dos cafés cereja, cereja descascado e bóia _____	84
4.3. Resultados da análise de perigos e determinação dos pontos críticos de controle da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia _____	95
4.4. Elaboração do plano APPCC da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália e Viçosa _____	96
5.0. Conclusão _____	100
CONCLUSÃO GERAL _____	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	102
ANEXO I _____	106
ANEXO II _____	109
ANEXO III _____	113
ANEXO IV _____	118
ANEXO V _____	123
ANEXO VI _____	129
ANEXO VII _____	131

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Condições para crescimento de fungos toxigênicos _____	8
TABELA 2 - Levantamento da distribuição de três espécies de fungos produtores de OTA em grãos de café provenientes das regiões de Alta Paulista, Sorocabana, Alta Mogiana e Cerrado Mineiro durante as safras de 1999 e 2000 _____	9
TABELA 3 - Levantamento dos valores médios e nível de OTA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) em grãos de café provenientes das regiões de Alta Paulista, Sorocabana, Alta Mogiana, Cerrado Mineiro durante as safras de 1999 e 2000 _	9
TABELA 4 - Levantamento sobre a presença de fungos toxigênicos produtores de OTA em grãos durante as fases de pré e pós-colheita de diferentes regiões produtoras de café _____	10
TABELA 5 - Níveis mínimos aproximados de Aw que permitem o crescimento de microrganismos a temperaturas próximas à temperatura ótima de crescimento _____	12
TABELA 6 - Condições críticas para crescimento de fungos durante o armazenamento de cereais em ambientes com temperaturas entre 25°C e 27 °C _____	13
TABELA 7 - Temperaturas mínimas, máximas e ótimas para crescimento de fungos comuns no armazenamento de grãos _____	14
TABELA 8 - Limites de detecção e quantificação dos métodos _____	26
TABELA 9 - Valores médios da umidade relativa (UR %) e da temperatura do ar ambiente (T°C), por região, durante todo o processo de secagem dos cafés _____	27
TABELA 10 – Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA do café cereja, por região, no início do processo de secagem – Teste 1 _____	46
TABELA 11 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA dos cafés cereja e cereja descascado, por região, ao término do processo de secagem – Teste 1 _____	47

TABELA 12 – Resultados da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Ibituruna _____	49
TABELA 13 – Resultados da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Coromandel _____	49
TABELA 14 – Resultados da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Araponga _____	50
TABELA 15 – Resultados da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Ervália – Teste 1 _____	50
TABELA 16 - Resultados da contaminação fúngica dos cafés cereja, cereja descascado e bóia no início da secagem _____	55
TABELA 17 - Resultados da contaminação fúngica nos grãos de cafés cereja, cereja descascado e bóia ao término da secagem _____	55
TABELA 18 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica do café na colheita e preparo _____	56
TABELA 19 – Resultados da contaminação fúngica dos grãos de café cereja, cereja descascado e bóia, provenientes da região de Viçosa, durante o armazenamento _____	61
TABELA 20 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Ibituruna – Teste 1 _____	87
TABELA 21 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Ibituruna – Teste 2 _____	87
TABELA 22 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Coromandel – Teste 1 _____	88
TABELA 23 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Coromandel – Teste 2 _____	88
TABELA 24 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia da região de Araponga – Teste 1 _____	88
TABELA 25 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia da região de Araponga – Teste 2 _____	89
TABELA 26 - Resultados da operação de secagem do café cereja descascado na região de Ervália - Teste 1 _____	89

TABELA 27 - Resultados da operação de secagem do café cereja descascado na região de Ervália – Teste 2 _____	89
TABELA 28 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado na região de Viçosa _____	90
TABELA 29 - Resultados de umidade, temperatura e Aw durante o armazenamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Viçosa _____	91
TABELA 30 - Dados das condições climáticas (UR% e T°C) das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália durante a realização dos experimentos _____	107
TABELA 31 – Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café bóia, por região, no início do processo de secagem – Teste 1	124
TABELA 32 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café bóia, por região, ao término da secagem em terreiro de cimento – Teste 1 _____	124
TABELA 33 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Ibituruna – Teste 2 _____	125
TABELA 34 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, cereja descascado e bóia ao término do processo de secagem em Ibituruna – Teste 2 _____	125
TABELA 35 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Coromandel – Teste 2 _____	126
TABELA 36 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, cereja descascado e bóia ao término do processo de secagem em Coromandel – Teste 2 _____	126
TABELA 37 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Araponga – Teste 2 _____	127

TABELA 38 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, cereja descascado e bóia ao término do processo de secagem em Araponga – Teste 2 _____	127
TABELA 39 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Ervália – Teste 2 _____	128
TABELA 40 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja descascado ao término do processo de secagem em Ervália – Teste 2 _____	128
TABELA 41 - Dados das condições climáticas (UR% e T°C) na região de Viçosa durante as etapas de secagem e armazenamento dos cafés _____	130

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Vista geral das áreas de realização dos experimentos _____	19
FIGURA 2 - Pontos de coleta dos lotes de cafés cereja, cereja descascado e bóia __	21
FIGURA 3 - Equipamentos utilizados nos métodos empregados para a secagem dos cafés _____	21
FIGURA 4 - Procedimento para medição da atividade de água e da temperatura da massa de grãos de café _____	24
FIGURA 5 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento e secador mecânico por região – Teste 1 _____	29
FIGURA 6 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento por região – Teste 1 _____	30
FIGURA 7 - Curva de secagem do café bóia secado em terreiro de cimento por região – Teste 1 _____	30
FIGURA 8 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro de cimento por região – Teste 1 _____	31
FIGURA 9 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro suspenso por região – Teste 1 _____	31
FIGURA 10 - Visualização das condições climáticas na região de Araponga durante a realização do teste 1 _____	32
FIGURA 11 - Valores da atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Araponga, Coromandel e Ibituruna – Teste 1 _____	33
FIGURA 12 - Valores da atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromande, Araponga e Ervália – Teste 1 _____	35
FIGURA 13 - Valores da atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromande, Araponga e Ervália – Teste 2 _____	35

FIGURA 14 - Valores da temperatura da massa de grãos durante a secagem do café cereja em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1 _____	37
FIGURA 15 - Valores da temperatura da massa de grãos durante a secagem do café cereja em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2 _____	38
FIGURA 16 - Valores do potencial evaporativo da região de Araponga medidos durante o processo de secagem dos café – Testes 1 e 2 _____	41
FIGURA 17 - Potencial evaporativo acumulado para a região de Araponga _____	42
FIGURA 18 - Curva de secagem do café cereja descascado em terreiro de cimento	42
FIGURA 19 - Teor de água da massa de grãos em função do potencial evaporativo acumulado dos diferentes tipos de cafés na região de Araponga – Teste 1 _____	43
FIGURA 20 - Teor de água da massa de grãos em função do potencial evaporativo acumulado dos diferentes tipos de cafés na região de Araponga – Teste 2 _____	44
FIGURA 21 - Curva de secagem dos cafés cereja, cereja descasado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa _____	52
FIGURA 22 - Valores da atividade de água dos cafés cereja, cereja descasado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa _____	53
FIGURA 23 - Valores da temperatura da massa de grãos de café cereja, cereja descasado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa _____	54
FIGURA 24: Valores da atividade de água dos cafés cereja, cereja descasado e bóia durante o armazenamento na região de Viçosa _____	57
FIGURA 25 - Valores da temperatura da massa de grãos de café cereja, cereja descasado e bóia durante o armazenamento na região de Viçosa	58
FIGURA 26 - Valores da umidade da massa de grãos de café cereja, cereja descasado e bóia durante o armazenamento na região de Viçosa _____	59
FIGURA 27 - Fluxograma do processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia _____	94

FIGURA 29 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento e secador mecânico por região – Teste 2 _____	110
FIGURA 30 - Curva de secagem do café bóia secado em terreiro de cimento por região – Teste 2 _____	111
FIGURA 31 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro de cimento por região – Teste 2 _____	111
FIGURA 32 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro suspenso por região – Teste 2 _____	112
FIGURA 33 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1 _____	114
FIGURA 34 - Valores de atividade de água do café bóia durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1 _____	114
FIGURA 35 - Valores de atividade de água do café descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1 _____	115
FIGURA 36 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2 _____	115
FIGURA 37 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste2 _____	116
FIGURA 38 - Valores de atividade de água do café bóia durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2 _____	116
FIGURA 39 - Valores de atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2 _____	117
FIGURA 40 - Valores da temperatura do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Ervália – Teste 1 _____	119

FIGURA 41 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel – Teste 1 _____	119
FIGURA 42 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Ervália – Teste 1 _____	120
FIGURA 43 - Valores da temperatura do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel – Teste 2 _____	120
FIGURA 44 - Valores da temperatura do café bóia durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel – Teste 2 _____	121
FIGURA 45 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel – Teste 2 _____	121
FIGURA 46 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Ervália – Teste 2 _____	122

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Levantamento da microbiota nos grãos durante as fases de pré e pós-colheita de diferentes regiões produtoras de café _____	10
QUADRO 2 - Métodos de secagem e tipos de café avaliados durante os experimentos nas regiões produtoras do estado de Minas Gerais _	20
QUADRO 3 - Resultados das análises de bebidas, por região, ao término da secagem dos cafés _____	39
QUADRO 4 - Análise de perigos do processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia _____	95
QUADRO 5 - Descrição do plano APPCC para o processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia _____	97

RESUMO

ROBERTO, Consuelo Domenici, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Junho de 2008. **Aplicação dos princípios do sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle para avaliação da segurança do café no processamento pós-colheita.** Orientador: Juarez de Sousa e Silva. Co- Orientadores: José Benício Paes Chaves, Onkar Dev Dhingra e Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de se avaliar a segurança do café verde, comercializado no mercado externo e interno, em relação à produção de ocratoxina A (OTA) por meio da aplicação dos princípios do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia provenientes de regiões produtoras do estado de Minas Gerais.

Estudou-se a influência da atividade de água, da temperatura e do teor de água da massa de grãos, bem como das condições ambientais (umidade relativa e temperatura do ar ambiente) em relação à proliferação de fungos toxigênicos e produção de OTA durante a pós-colheita do café nas regiões da Zona da Mata Mineira (Araponga e Ervália), Cerrado Mineiro (Coromandel) e Sul de Minas Gerais (Ibituruna) na safra de 2004 e na região da Zona da Mata Mineira (Viçosa) na safra de 2007. As etapas de secagem e armazenamento foram identificadas como pontos críticos de controle, sendo que o monitoramento do teor de água, da temperatura e da atividade de água da massa de grãos e das condições ambientais, tanto na secagem quanto no armazenamento foi fundamental para se evitar a presença de OTA nestes produtos.

Baseado nos resultados da aplicação dos princípios do sistema APPCC, pode-se concluir que é possível garantir a segurança desses cafés, provenientes Zona da Mata Mineira, Cerrado Mineiro e Sul de Minas Gerais, em relação à presença de OTA, adotando-se corretamente os procedimentos de Boas Práticas Agrícolas (BPA) e Procedimentos Padrões de Higiene Operacional (POPH), atendendo-se às exigências do mercado interno e externo, além de contribuir para a melhoria da qualidade e agregação de valor ao produto.

ABSTRACT

ROBERTO, Consuelo Domenici, D.Sc., Federal University of Viçosa, June 2008. **Application of principles of system Hazard Analysis Critical Control Points for the evaluation of the security of coffee in the post-harvest.** Adviser: Juarez de Sousa e Silva. Co - Adviser: José Benício Paes Chaves, Onkar Dev Dhingra and Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

The objective of this work was to evaluate the security of the green coffee, commercialized in the national and in the international market, in relation to the Ochratoxine A (OTA) production, by the application of the hazard analysis and critical control points (HACCP) system principles from the harvest to the processing of the cherries, pulped cherries and float coffees from the coffee-producing regions of the Minas Gerais State.

It was studied the influence of the grains water activity, temperature and moisture content, as well as the environmental conditions (relative humidity and the air temperature) in relation to the toxigenic fungi proliferation and the OTA production during the coffee post-harvest in the Zona da Mata region (Araponga and Eralvia cities), Cerrado Mineiro region (Coromandel city) and the South of the Minas Gerais State (Ibituruna city) during the 2004 harvest season and in the Zona da Mata region (Viçosa city) during the 2007 harvest season. The drying and storage of the product were identified as critical control points, knowing that the moisture content, temperature and water activity of the grains and the environmental conditions monitoring, as in the drying as well in the storage, was fundamental to avoid the OTA presence on these products.

Based on the results obtained by the application of the HACCP system principles, it was concluded that it is possible to guarantee the security of the coffees, from the Zona da Mata region, Cerrado Mineiro region and the South of the Minas Gerais State, in relation to the OTA presence, adopting correctly the Good Agricultural Practices (GAP) and the Sanitation Standard Operations Procedures (SSOP), answering the internal and external

market demands, in addition to contribute to improving the quality and to aggregate value to the product.

INTRODUÇÃO GERAL

O café é um produto de grande importância econômica. Segundo Castilho (2001), de acordo com a FAO a cafeicultura gera, nos países produtores, cerca de 25 milhões de empregos diretos no campo e 100 milhões no setor industrial, envolvendo o processamento, a comercialização, a torrefação e o transporte do café.

Depois de relatos sobre a presença de micotoxinas em produtos agrícolas e sobre a ingestão destas substâncias por animais e seres humanos em países como Alemanha, França, Itália, Escandinávia, Canadá e Japão, tornou evidente a preocupação com a contaminação de alimentos e rações por fungos, tanto em relação à saúde pública quanto em termos econômicos. Como consequência, países importadores de produtos agrícolas passaram a incentivar a adoção de programas como Boas Práticas Agrícolas (BPA) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), visando à prevenção do crescimento de fungos toxigênicos e o comprometimento da qualidade e segurança de grãos e derivados, evitando a exposição desnecessária do consumidor a micotoxinas e outras substâncias tóxicas.

No café, a toxina mais comumente encontrada, embora de maneira geral em baixíssima quantidade, é a Ocratoxina A (OTA). Alguns países importadores passaram a exigir limites de OTA em café, tornando-se uma barreira para a comercialização do produto nestes países. Segundo Olsen (2003), países da União Européia, como Itália, aplicaram limites legais para a OTA de 8 ppb para café verde beneficiado e 4 ppb para o café torrado e moído. Já na Finlândia, Grécia, República Tcheca e Romênia os limites estabelecidos para o café verde são 10 ppb, 20 ppb, 20 ppb e 5 ppb, respectivamente.

Vários estudos têm sido realizados em diversos países produtores de café, visando identificar os principais fungos produtores de micotoxinas, focos de contaminação, fatores que influenciam a susceptibilidade dos grãos à contaminação e o monitoramento de fatores durante a colheita e processamento destes produtos que possam contribuir para a proliferação de tais microrganismos.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO FÚNGICA DO CAFÉ DURANTE A COLHEITA E PÓS-COLHEITA EM REGIÕES PRODUTORAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

1.0. INTRODUÇÃO

Em 26 de janeiro de 2005, a União Européia (UE) juntamente com a Organização Internacional do Café (OIC), publicaram o Regulamento da Comissão Européia (CE) N° 123/2005, no qual foram fixados limites máximos de OTA no café torrado e solúvel, havendo a intenção de se reexaminar a legislação com o objetivo de estabelecer limites máximos para o café verde até o fim do ano de 2006 (OIC, 2005).

Os países produtores de café da OIC, no entanto, consideraram que a introdução de tais limites para o café verde não se justificava e constituiria uma barreira técnica não-tarifária, desproporcional aos objetivos de assegurar a saúde pública, uma vez que o café verde só era consumido depois de ser transformado em café torrado ou solúvel. Além disso, seria possível limitar a presença da OTA pela implementação das boas práticas agrícolas. Como resposta, tais produtores emitiram uma declaração, por meio de um documento publicado após a 260ª reunião em fevereiro de 2006, na qual manifestavam a preocupação quanto ao impacto significativo que algumas medidas poderiam acarretar sobre as exportações do café. Concluíram, portanto, que havia necessidade da União Européia renunciar à adoção de níveis máximos de OTA para o café verde (OIC, 2006).

Entretanto, em 2007, a OIC publicou um documento sobre a revisão do Regulamento CE N° 1881/2006, fixando limites máximos para a presença de ocratoxina A e outros contaminantes nos gêneros alimentícios, que entraria em vigor em 1º de março de 2007. No caso do café torrado e do café solúvel, respectivamente, não foram alterados os limites máximos de 5 ppb e 10 ppb para o teor de OTA. Apesar de não existir limites máximos de OTA para o café verde, no parágrafo 2º do artigo 9º deste documento consta que a adoção de tais limites ainda continuaria em estudo e que deveria ser realizada uma comunicação anual sobre a ocorrência de OTA no café verde, além das medidas de prevenção adotadas para se evitar a ocorrência de tal micotoxina (OIC, 2007).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar se a adoção de limites máximos de OTA para a exportação do café verde, originário de regiões produtoras do estado de Minas Gerais, é necessária ou se tal medida poderia ser interpretada como tentativa de criar barreiras técnicas, sanitárias ou fitossanitárias ao comércio deste produto. Buscou-se obter informações com embasamento científico para a avaliação das práticas na colheita e no processamento pós-colheita adotadas por produtores de café de tais regiões, seguindo os princípios do sistema de garantia de qualidade APPCC.

Os resultados deste trabalho podem, ainda, contribuir para a elaboração de normas consensuais capazes de proporcionar importantes benefícios para o setor cafeeiro, como a adequação dos processos pós-colheita, agregação de valor e atendimento às exigências internacionais de garantia da qualidade e segurança do produto, além de evitar a perda de mercado devido às barreiras técnicas na exportação e à falta de especificação e normalização do café no comércio internacional.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Regiões produtoras de café no Brasil

Atualmente o Brasil, é o maior produtor mundial de café, sendo responsável por 30% do mercado internacional, e o segundo mercado consumidor mundial deste produto (ABIC, 2008).

Segundo Marques (2005), a área disponibilizada para cultivo de café no país é de 2,4 milhões de hectares, sendo 74% deles ocupados pela espécie *Coffea arabica*. Tais áreas cafeeiras estão concentradas no centro sul do país e as principais regiões produtoras são Mogiana paulista, Sul de Minas Gerais, Cerrado Mineiro e Zona da Mata Mineira, Bahia, Paraná, Espírito Santo e Rondônia. Em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Bahia e parte do Espírito Santo se concentra a produção de café arábica, enquanto o café robusta é cultivado, principalmente nos estados do Espírito Santo e Rondônia.

O estado de Minas Gerais, responsável por cerca de 53% da produção nacional de café arábica foi dividido em quatro regiões produtoras (POZZA *et. al.* 2000; MARQUES, 2005):

- Região Sul de Minas: compreende o Sul de Minas, parte do Alto São Francisco, da Zona Metalúrgica e Campos das Vertentes. É caracterizada por ter altitudes de 700 a 1080 m, com temperatura amena, sujeitas a geadas, moderada deficiência hídrica e possibilidade de produção de bebida fina;
- Região do Cerrado Mineiro: compreende as regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, parte do Alto São Francisco e o Noroeste. Caracteriza-se por áreas altiplanas, com altitude variando entre 820 e 1100 m, clima ameno, sujeito a geadas de baixa intensidade, com possibilidade de produção de bebida fina de corpo mais acentuado;
- Região das Montanhas de Minas: abrange as regiões da Zona da Mata, Rio Doce e parte da região Metalúrgica, Campos das Vertentes e Jequitinhonha. Possui uma topografia acidentada (de 400 m a 1100 m de altitude) e grande parte das fazendas encontram-se na faixa de 700 m com possibilidade de produção de bebida fina;

- Região das chapadas de Minas: abrange parte de Jequitinhonha e Rio Doce. Caracteriza-se por áreas de espigão elevado, com altitude de 1099 m, isenta de geadas, com reduzido índice de insolação, alta umidade e com possibilidade de produzir bebida dura a rio.

A região de Mogiana paulista localiza-se ao norte do estado de São Paulo com cafezais a uma altitude que varia entre 900 e 1000 m, produzindo cafés da variedade arábica com bastante corpo e aroma, além de doçura natural. A produção de café no Paraná foi intensa na década de 50, porém atualmente abrange uma área de plantio de cafés da espécie *Coffea arabica* de 156 mil hectares no Norte Pioneiro, Norte, Noroeste e Oeste do estado. Tais áreas apresentam altitudes entre 350 a 900 m, sendo que a altitude média é de aproximadamente 650 m. Na Bahia, com 103 mil hectares de plantio, a região tem altitude média de 850 m, sendo a região do Planalto a mais tradicional produtora de café arábica do estado. Na região oeste, o emprego da tecnologia de irrigação tem contribuído para a expansão da produção em áreas não tradicionais de cultivo, sendo o estado da Bahia o quinto maior produtor de café do país representando, aproximadamente 5% da produção nacional, principalmente de café arábica, porém em algumas regiões tem-se a produção do café robusta. No Espírito Santo, são cultivadas as espécies *Coffea arabica* e *Coffea conephora*, sendo que a variedade robusta representa 73% das lavouras de café do estado. O estado contribui com 64,8% da produção brasileira de café desta variedade. O estado de Rondônia representa o segundo maior estado produtor de café da variedade robusta, com uma área de 165 mil hectares e uma produção de 2,1 milhões de sacas (ABIC, 2008; MARQUES, 2005).

Nestas regiões, o método amplamente utilizado por produtores ainda é a secagem do café em terreiro de cimento. Mesmo com a utilização de secadores mecânicos, o emprego do terreiro para a secagem do café, pelo menos até o estágio de meia-seca (cerca de 30 a 35% b.u.) é aconselhável, já que a elevada umidade inicial dos frutos, logo após a colheita e o preparo do produto, dificulta o escoamento do produto através dos secadores mecânicos.

A secagem em terreiro apresenta como grande desvantagem a dependência das condições ambientais das regiões, sofrendo influência de fatores como a radiação solar, a temperatura e umidade relativa do ar ambiente, velocidade do vento e a temperatura

do terreiro, além da espessura da camada e a frequência de revolvimento da massa de grãos durante todo o processo.

A secagem é definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem. Durante este processo, a remoção de umidade é obtida pela movimentação da água, decorrente da diferença de pressão de vapor d'água entre a superfície do produto a ser secado e o ar que o envolve. A hipótese mais aceita para a movimentação da água é a do movimento capilar (gargalo) na qual o processo de secagem, que ocorre no interior do produto pode ser dividido no período de razão constante e em outro denominado período de razão decrescente (SILVA, 2000).

No período de razão constante, a energia utilizada para a secagem é praticamente igual à necessária para a evaporação da água em uma superfície livre. Neste período, o produto se encontra completamente úmido e a água escoava no início da secagem sob um gradiente hidráulico e, em condições naturais, a temperatura do produto se iguala à temperatura de bulbo molhado (SILVA, 2000).

Durante este período, a temperatura do produto se mantém igual à do ar de secagem saturado e as transferências de calor e massa se compensam, ou seja, o ar recupera, sob forma de vapor o que perdeu sob a forma de calor. O mecanismo interno do fluxo de água não afeta a velocidade de secagem, porque a taxa interna de deslocamento da água para a superfície do produto é igual ou maior que a máxima taxa de remoção de vapor d'água, sendo evaporada apenas a água livre. Já no período de razão decrescente de secagem, a taxa interna de transporte da água é menor do que a taxa de evaporação. Desta forma a transferência de calor do ar para o produto não é compensada pela transferência de vapor de água e, conseqüentemente, a temperatura dos grãos aumenta, tendendo a atingir a temperatura do ar de secagem (AFONSO JÚNIOR, 2001).

Segundo Carvalho *et. al.*(1997), a remoção do excesso de teor de água contida no grão, por meio da evaporação, reduz a quantidade de água disponível e a atividade de água (A_w). Conseqüentemente, reduz a velocidade das reações químicas no produto e o desenvolvimento de microrganismos.

Na secagem dos cafés, o tempo para se reduzir o teor de água, A_w e a atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos naturalmente presentes, em níveis seguros que evite a proliferação destes microrganismos e a deterioração do produto, é um fator decisivo que influencia a qualidade da bebida e a segurança do produto.

1.1.2. Microrganismos naturalmente presentes em grãos

Os alimentos em uma dada condição ambiental, função da combinação de fatores como atividade de água (A_w), temperatura, atmosfera e potencial hidrogeniônico (pH), contêm uma microflora típica. Dos fatores que influenciam o desenvolvimento de microrganismos nos alimentos, inclusive nos grãos, a A_w é de extrema importância e determina os tipos de microrganismos capazes de crescer e deteriorar tais alimentos, além da taxa na qual este crescimento ocorre. Em elevados valores de atividade de água ($A_w > 0,95$), as bactérias são os microrganismos predominantes em muitos alimentos, porém, quando estes valores são inferiores a 0,85 raramente há crescimento de bactérias exceto quando se tratam de bactérias halofílicas. Em valores de A_w inferiores a 0,90, fungos e leveduras são os microrganismos predominantes, sendo que os fungos correspondem ao grupo de microrganismos mais numeroso e diversificado encontrado em ambientes de baixa A_w (ARORA *et al.*, 1991).

Segundo Navarro *et al.* (2001), os fungos são mais resistentes às condições de baixo teor de água, no entanto, em geral o crescimento da maioria das espécies é inibido em ambientes ou meios com A_w inferiores a 0,70 e poucas espécies apresentam crescimento a A_w inferiores a 0,65. Algumas espécies são capazes de desenvolver em ambientes com umidade relativa do ar maior que 70% e temperatura ótima na faixa de 20 a 30 °C, sendo que os esporos dos fungos, em geral, são resistentes aos raios ultravioletas do sol.

A proliferação de microrganismos é um dos fatores mais importantes, causadores de danos em produtos, principalmente em grãos armazenados, sendo que a microflora dos grãos é constituída por fungos microscópicos, Actinomicetos e bactérias, naturalmente presentes desde o campo. Em geral, estes microrganismos são classificados em fungos de campo e fungos de armazenamento.

Os fungos de campo contaminam grãos ou sementes antes da colheita, no período de crescimento e maturação. Imediatamente após a colheita os fungos dos gêneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium* e *Penicillium* são os microrganismos dominantes.

O gênero mais importante dos fungos de armazenamento são os *Eurotium* (também conhecidos como *Aspergillus glaucus*), além de outras espécies de *Aspergillus*, particularmente membros da série *A. restrictus* e algumas das espécies mais xerofílicas do gênero *Penicillium*, *Wallemi* e ocasionalmente *Chrysosporium* (ARORA *et al.*, 1991).

O desenvolvimento de algumas espécies de fungos é limitado à determinada faixa de temperatura e umidade relativa (Tabela 1).

TABELA 1 - Condições para crescimento de fungos toxigênicos

Microrganismos	Temperatura (°C)	Umidade relativa crítica (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	10-40	80-82
<i>A. parasiticus</i>	10-40	80-82
<i>A. ochraceus</i>	8-35	79-81
<i>Penicillium verrucosum</i>	0-35	80-84

FONTE: BAKKER - ARKEMA (1999).

Em relação à perda e deterioração de produtos, principalmente durante o armazenamento, fungos do gênero *Eurotium* são provavelmente os mais destrutivos, no entanto, não representam um problema quanto à produção de micotoxinas. Em geral são os primeiros a colonizar grãos armazenados, cuja secagem não foi adequada, tornando o ambiente favorável para o crescimento de fungos de outras espécies potencialmente toxigênicas como *Aspergillus* e *Penicillium*, além de outros microrganismos (ARORA *et. al.*, 1991).

1.1.3. Estudos sobre a microbiota presente em grãos de café

As micotoxinas são metabólitos fúngicos que, quando ingeridos, inalados ou absorvidos pela pele, causam baixa imunidade ou morte em humanos e animais. Alguns estudos demonstraram que tais substâncias, produzidas pelos fungos *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus carbonarius*, poderiam ser neurotóxicas, hepatotóxicas, teratogênicas, imunossupressoras e carcinogênicas (FAO, 2001).

Na cadeia produtiva do café, vários trabalhos sobre a ocratoxina A (OTA) foram concluídos, sendo que tal micotoxina foi identificada como um dos perigos mais importantes, por ser considerada potencialmente carcinogênica a humanos e um dos fatores limitantes à importação do produto, principalmente pela Comunidade Européia. O uso excessivo de defensivos agrícolas, que podem deixar resíduos acima do permitido pela legislação, foi outro perigo para a saúde do consumidor identificado por Corrêa & Silva (2002).

No estudo realizado por Taniwaki *et al.* (2003), três espécies de fungos foram identificadas como responsáveis pela formação de OTA em café. Um levantamento da distribuição destas espécies foi realizado, analisando-se 408 amostras de grãos e frutos de cafés coletados em diferentes estágios de maturação e fases de processamento em

quatro regiões produtoras no Brasil (Alta Paulista, Sorocabana, Alta Mogiana, Cerrado Mineiro) durante as safras de 1999 e 2000 (Tabela 2).

TABELA 2 - Levantamento da distribuição de três espécies de fungos produtores de OTA em grãos de café provenientes das regiões de Alta Paulista, Sorocabana, Alta Mogiana e Cerrado Mineiro durante as safras de 1999 e 2000

Amostras	Nº de amostras	<i>A. ochraceus</i> (%)	<i>A. niger</i> (%)	<i>A. carbonarius</i> (%)
Fruto maduro na árvore	55	0,25	1,2	0
Fruto passa na árvore	57	0,35	4,0	0
Fruto passa no chão	63	1,9	1,9	0
Secagem no terreiro	128	1,3	2,7	0,5
Armazenamento na fazenda	105	2,0	3,2	0,5

Fonte: TANIWAKI *et al.* (2003)

Os resultados indicaram que as amostras de frutos maduros e passas colhidos na árvore apresentaram baixa contaminação por fungos destas espécies. Porém, nos frutos provenientes do chão da lavoura, do terreiro de secagem e da etapa de armazenamento, a contaminação por fungos do gênero *Aspergillus* sp. foi mais elevada, observando-se inclusive a presença de espécies toxigênicas (TANIWAKI *et al.*, 2003). Os valores médios e os níveis de OTA encontrados nestes grãos de café estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - Levantamento dos valores médios e nível de OTA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) em grãos de café provenientes das regiões de Alta Paulista, Sorocabana, Alta Mogiana, Cerrado Mineiro durante as safras de 1999 e 2000

Amostras	Nº de amostras	Valor médio ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Níveis de OTA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Cereja na árvore	6	0,12	< 0,2 - 0,4
Fruto passa árvore	16	<0,2	<0,2
Fruto passa no chão	25	1,6	<0,2 - 37
Secagem no terreiro	40	2,1	<0,2 - 48
Armazenamento na fazenda	48	3,25	<0,2 - 109

Fonte: TANIWAKI *et al.* (2003)

Um levantamento sobre a microbiota (Quadro 1) e sobre a ocorrência de fungos toxigênicos produtores de OTA (Tabela 4) presente nos grãos de café durante as fases de pré e pós-colheita associadas à qualidade e segurança da bebida foi realizado por Beux & Soccol (2004).

QUADRO 1 - Levantamento da microbiota nos grãos durante as fases de pré e pós- colheita de diferentes regiões produtoras de café

Microrganismo identificado	Região	Fase	Referências
<i>Fusarium</i> sp, <i>Penicillium</i> sp, <i>A. ochraceus</i> , <i>A. niger</i>	SP	Cereja na árvore e no chão, passas na árvore, terreiro e tulha	TANIWAKI <i>et al.</i> (2003)
<i>Colletotrichum</i> sp, <i>Phoma</i> sp, <i>Cercospora</i> sp, <i>Fusarium</i> sp, <i>Cladosporium</i> sp, <i>Penicillium</i> sp, <i>Aspergillus</i> sp	MG	Verde-cana, cereja, passa, seco no pé, café beneficiado e café no chão	ALVES & CASTRO (1998)
<i>Aspergillus</i> sp, <i>Penicillium</i> sp, <i>Trichoderma</i> sp, <i>Fusarium</i> sp, <i>Humicola</i> sp	México	Cafê cereja	ROUSSOS <i>et al.</i> (1995)
<i>Cladosporium</i> sp, <i>Penicillium</i> sp, <i>Aspergillus</i> sp	-	Grãos de café na fase pós-colheita	DAIVASIKAMANE & KANNAN (1986)

Fonte: Adaptado de BEUX & SOCCOL (2004).

TABELA 4 - Levantamento sobre a presença de fungos toxigênicos produtores de OTA em grãos durante as fases de pré e pós-colheita de diferentes regiões produtoras de café

Amostra	Nº de amostras	Região	Porcentagem de fungos produtores de OTA (%)	Níveis de OTA (ng/g)	Referências Bibliográficas
Cafê torrado	-	MG	73	0,31-5,87	PRADO <i>et al.</i> (2000)
Cafê torrado	-	Espanha	100	0,19-5,65	BURDASPAL e LEGARDA (1998)
Cafê verde	50	PR, SP, MG, ES, RR, BA	30	0,8-117,4	FURLANI <i>et al.</i> (1998)
Grãos de café verde e torrado	991	Egito	4,54	-	ABD-ALLA <i>et al.</i> (1997)
Cafê solúvel	100	Inglaterra	64	0,1-8	PATEL <i>et al.</i> (1997)
Cafê solúvel	633	Países da Europa	47,23%	<10 e 10-27,2	STEGEN <i>et al.</i> (1997)
Grãos de café verde	627	Brasil, Costa Rica, México, África	9	0,5-360	MICCO <i>et al.</i> (1989)

Fonte: Adaptado de BEUX & SOCCOL (2004).

Neste estudo, os autores concluíram que para assegurar a qualidade e sanidade do café exportado, durante longo prazo, é fundamental identificar os fatores críticos que contribuem para a contaminação e adotar boas práticas de produção. Entretanto, em curto prazo, é imprescindível buscar alternativas que inibam ou impeçam o desenvolvimento de *A. ochraceus* em grãos contaminados.

Segundo Parizzi (2005), no estudo sobre a incidência de fungos da pré-colheita ao armazenamento do café, de modo geral, a incidência de fungos foi considerada baixa,

principalmente das espécies *Aspergillus* sp., sendo que resultados similares foram obtidos em outros estudos realizados na Tailândia (BUCHELI *et al.* , 2000), Etiópia, Índia, Indonésia, Kênia e Venezuela (FRANK, 1999), no México (SUÁREZ – QUIROZ *et al.*, 2004) e no Brasil (FRANK, 1999; SILVA *et al.* , 2000; PIMENTA e CHALFOUN, 2001; BATISTA *et al.* , 2003; TANIWAKI *et al.* , 2004). Porém, a constituição biológica do endosperma e a presença do inóculo poderiam representar fatores de predisposição à formação de OTA (MANTLE e CHOW, 2000; TANIWAKI *et al.*; 2004), principalmente quando favorecidos por descuidos excessivos na manipulação do café durante a colheita, processamento e secagem (URBANO *et al.*, 2001).

1.1.4. Fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos em grãos

O teor de água, a temperatura, a composição da atmosfera intergranular e o substrato são fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos nos grãos. Segundo Scussel (1998), os fatores mais importantes que levam à proliferação dos fungos são a Aw, temperatura, umidade relativa, teor de água, linhagem do fungo contaminante e competição microbiana, sendo que os fungos toxigênicos podem crescer tanto no campo durante a colheita, quanto no processamento pós-colheita, devido a fatores intrínsecos, relacionados ao substrato, e a fatores extrínsecos, que se referem às condições que envolvem este substrato.

1.1.4.1. Atividade de água

Os microrganismos requerem a presença de água, em uma forma disponível, para que possam crescer e realizar suas atividades metabólicas (Tabela 5). A melhor maneira de se medir essa água disponível nos alimentos é por meio da atividade de água.

TABELA 5 - Níveis mínimos aproximados de Aw que permitem o crescimento de microrganismos a temperaturas próximas à temperatura ótima de crescimento

Fungos	
Microrganismos	Aw
<i>Aspergillus flavus</i>	0,78
<i>A. niger</i>	0,77
<i>A. ochraceus</i>	0,77
<i>A. restrictus</i>	0,75
<i>A. terreus</i>	0,78
<i>Errotum (Aspergillus) nidulans</i>	0,70
<i>P. viridicatum</i>	0,81
Leveduras	
<i>Debaryomyces hansenii</i>	0,83
<i>Saccharomyces bailii</i>	0,80
<i>S. cerevisiae</i>	0,90
<i>S. rouxii</i>	0,62

FONTE: Adaptado ICMSF (1980).

A Aw de um alimento ou solução é definida como (Equação 1) a relação entre a pressão de vapor da água no alimento ou solução e a pressão de vapor da água pura à mesma temperatura (ICMSF, 1980).

$$Aw = \frac{\text{Pressão de vapor d' água do alimento ou solução}}{\text{Pressão de vapor da água pura}} \quad (1)$$

À medida que a concentração de uma solução aumenta, sua pressão de vapor d' água diminui e os valores de Aw decrescem a partir de um valor máximo igual a 1, que corresponde à Aw da água pura. O ponto de congelamento e o ponto de ebulição também influenciam os valores de Aw de uma solução ou alimento assim como a umidade relativa de equilíbrio e a pressão osmótica.

Nos grãos, os primeiros estudos sobre a resposta dos microrganismos em função do teor de água foram descritos em termos da umidade relativa de equilíbrio (URE) ou da pressão osmótica. Segundo Arora *et. al.* (1991), a URE é a umidade relativa do ar intergranular em equilíbrio com a água contida no grão e é numericamente igual à Aw, porém expressa em porcentagem.

Segundo Bakker-Arkema (1999), ao se discutir a atividade de microrganismos e a preservação da qualidade e segurança dos grãos em relação, principalmente, à produção de metabólitos tóxicos, é importante considerar a umidade intergranular ou a

umidade relativa de equilíbrio entre o grão e o ambiente em que este se encontra (Tabela 6).

TABELA 6 - Condições críticas para crescimento de fungos durante o armazenamento de cereais em ambientes com temperaturas entre 25°C e 27 °C

Microrganismos	Umidade relativa de equilíbrio (%)	Teor de água (% b.u.)
<i>Aspergillus halophilieus</i>	68	12-14
<i>A. restrictus</i>	70	13-15
<i>A. glaucus</i>	73	13-15
<i>A. candidus</i> , <i>A. ochraceus</i>	80	14-16
<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	82	15-18
<i>Penicillium</i> spp.	80-90	15-18

FONTE: BAKKER - ARKEMA (1999).

No armazenamento, em geral, se emprega o termo teor de água seguro do grão que indica o nível no qual este grão pode ser armazenado seguramente sem sofrer danos decorrentes do desenvolvimento da microflora fúngica naturalmente presente no produto. Como os microrganismos são incapazes de se multiplicarem em valores de URE abaixo de 65%, para garantir o armazenamento seguro dos grãos, principalmente em relação à proliferação de fungos, a URE máxima permitida ou aceitável é de 70% (NAVARRO *et. al.*, 2001).

A determinação da A_w normalmente é realizada em laboratório. Segundo Prior (1979), os métodos para a medição da A_w são baseados na:

- Medida do abaixamento do ponto de congelamento de uma solução e posterior conversão em valores de A_w ;
- Medida da umidade relativa de equilíbrio de um sólido ou líquido. Neste caso, os métodos são subdivididos em métodos que utilizam instrumentos comuns de laboratório e aqueles que utilizam equipamentos especiais.

Entre os métodos que utilizam equipamentos especiais encontram-se os higrômetros eletrônicos, que são instrumentos constituídos por um sensor contendo uma substância cuja condutividade muda com a umidade relativa do ambiente em que se encontram. Tais substâncias podem ser de natureza química higroscópica, como o cloreto de lítio, uma resina de troca iônica (polímero sulfonado) ou mesmo mudanças na capacitância de um capacitor de filme polimérico fino (FAVETTO *et al.*, 1984).

O grão de café, por ser um material higroscópico, cede ou adsorve água do ambiente, tendendo a manter uma relação de equilíbrio entre o seu teor de água e o ar ambiente que o envolve, para uma dada temperatura. Quando se atinge a umidade de equilíbrio, também denominada umidade de equilíbrio higroscópico, o grão possui um teor de água na qual a pressão de vapor d' água no produto é igual a do ar que o envolve (AFONSO JÚNIOR, 2001).

A medição da umidade de equilíbrio higroscópico, portanto, pode ser empregada para obter os valores de Aw em grãos, já que nestas condições os valores desta umidade e Aw são numericamente iguais. Algumas medidas, como colocar a amostra no recipiente de medida o mais rápido possível e fechá-lo hermeticamente e equilibrar a temperatura da amostra com a temperatura de realização do ensaio, antes da determinação da Aw, devem ser adotadas para a correta medição desta variável.

1.1.4.2. Temperatura

A temperatura quando associada à Aw influencia a velocidade de crescimento dos microrganismos e produção de toxina (Tabela 7).

TABELA 7 - Temperaturas mínimas, máximas e ótimas para crescimento de fungos comuns no armazenamento de grãos

Espécies	Mínima (°C)	Ótima (°C)	Máxima (°C)
<i>Aspergillus restrictus</i>	5 – 10	30 – 35	40- 45
<i>Aspergillus glaucus</i>	0 – 5	30 – 35	40- 45
<i>Aspergillus candidum</i>	10 – 15	45 – 50	50 – 55
<i>Aspergillus flavus</i>	10 – 15	30 – 35	45 – 50
<i>Penicillium</i> spp	-5 - 0	20- 25	35 - 40

FONTE: SCUSSEL (1998).

1.1.4.3. Competição entre microrganismos

Durante a maturação, colheita e armazenamento, os grãos são contaminados com uma ampla variedade de microrganismos, que sob condições ambientais favoráveis, se desenvolvem e os colonizam. Porém, nem todas as espécies sobrevivem, porque tais microrganismos interagem entre si e competem pelo mesmo substrato (ARORA *et. al.* 1991).

No estudo realizado por Beux (2004), foram testadas cepas de leveduras e bactérias lácticas quanto à capacidade de inibição da formação de micélios de fungos da espécie *A. ochraceus* em grãos de café verde. De acordo com os resultados deste estudo, determinadas cepas de leveduras, isoladas de grãos de café de diferentes regiões

do país, quando presentes em contagens acima de 10^3 UFC (unidade formadora de colônia)/g, apresentaram ação fungistática, inibindo o crescimento do *A. ochraceus*. Segundo Beux (2004), resultados semelhantes foram observados em outros estudos em que se considerou que entre os microrganismos, as leveduras têm revelado habilidade em competir com a microbiota presente em produtos, inibindo ou reduzindo o desenvolvimento de alguns destes microrganismos, sendo essa habilidade atribuída à rápida taxa de crescimento vinculada ao esgotamento de carboidratos fermentáveis do substrato.

1.1.5. Fatores que influenciam a produção de ocratoxina A em frutos e grãos de café

A influência de fatores ambientais, como teor de água, temperatura, tempo de incubação e a natureza do substrato pode ter função importante na colonização de fungos e na quantidade de OTA produzida.

Estudos mostram que a presença de OTA em café é, normalmente, resultado de procedimentos inadequados de colheita, secagem e armazenamento, sendo que a reumidificação dos grãos secos, tanto no transporte quanto no armazenamento, também permite a proliferação de fungos toxigênicos.

Em estudos realizados por Suárez-Quiroz *et al.* (2004), a capacidade de produção de OTA por *A. ochraceus* em grãos de café verde a 25 °C com A_w de 0,80, 0,87 e 0,95 foi de 0,15, 2500 e 7200 $\mu\text{g kg}^{-1}$, respectivamente. A A_w foi o principal fator limitante para a produção da toxina e a temperatura afetou somente a taxa de produção de OTA. Ao considerarem a interação temperatura- A_w , a produção máxima (267 $\mu\text{g/g}$) foi observada a 35 °C e A_w de 0,95.

De acordo com Palácios-Cabrera *et al.* (2004), o crescimento de fungos pode ser prevenido pelo adequado controle de fatores como temperatura e atividade de água e a interação entre estes fatores são importantes no desenvolvimento de barreiras para prevenir a deterioração fúngica em grãos.

Em um estudo realizado por Tainiwaki *et al.* (2003) conclui-se que, o maior responsável pela produção de OTA em café no Brasil foi *A. ochraceus*, sendo que poucos cafês cerejas foram infectados nas árvores, indicando que a contaminação geralmente ocorre após a colheita, provavelmente através do solo, equipamentos e terreiros de secagem. Em todos os casos em que altas concentrações de OTA foram relatadas, verificou-se a influência de condições ambientais (clima e localização

geográfica) e práticas inadequadas durante a colheita, secagem e armazenagem dos grãos.

De acordo com Jayas & White (2003), a deterioração por fungos e a produção de micotoxinas podem ser reduzidas com a secagem adequada e rápida dos grãos de café e o armazenamento a baixas temperaturas em estruturas de armazenamento adequadas.

Um projeto-piloto, desenvolvido por Castilho (2001) para estudar a ocorrência de OTA em amostras comerciais de café, obteve como resultados:

- a) Partindo da flora fúngica relacionada com o café, presume-se que os principais responsáveis pela formação da OTA são *A. ochraceus*, *A. arecae*, *A. sulphureus* e *A. criticus*;
- b) Locais de infecção variados: frutos secos colhidos na árvore, grãos verdes na derriça e no armazenamento;
- c) Fatores que influenciam a susceptibilidade à infecção: secagem de cereja na planta, cerejas e grãos atacados por qualquer fungo;
- d) Fatores que influenciam a frequência (e intensidade) da infecção: atividade de água entre 0,80 e 0,93 parece ser o intervalo crítico; a separação em água (flotação) limpa a superfície das cerejas reduzindo riscos; no líquido fermentado (via úmida) nenhum fungo toxigênico foi encontrado; cascas secas mostraram níveis de contaminação consideráveis.
- e) Em instalações de processamento e armazenamento foi detectada a presença freqüente de *Aspergillus* sp. formadores da toxina.

Em um estudo realizado por Olsen *et al.* (2003) sobre a prevenção de OTA em cereais, foram utilizadas safras de 2000 - 2001 e 2001 - 2002 de trigo e cevada, registrando-se a temperatura dos grãos, a umidade relativa do ar e a temperatura ambiente do armazém. Amostragem dos grãos, para análise da microflora fúngica, detecção de OTA, teor de água e atividade de água, foram realizadas do início ao fim do período de armazenamento. A reumidificação da massa de grãos foi considerada crítica para o desenvolvimento de fungos e formação de OTA, definindo-se o armazenamento dos grãos em silos como um ponto crítico de controle (PCC). A atividade de água e a temperatura foram consideradas, provavelmente, os dois fatores abióticos mais importantes para o crescimento de fungos e produção de OTA. Estes fatores se interagem e determinam os tipos de microrganismos que podem colonizar um dado substrato, como e quanto pode desenvolver num determinado período.

No estudo com cafés lavados e submetidos a diferentes tipos de amontoa (0 a 7 dias) em sacos de polietileno trançado concluiu-se que, nos frutos de café, os gêneros *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp. diminuíram sua taxa de infecção de forma gradativa enquanto a taxa de infecção de *Fusarium* sp., *A. ochraceus* e *A. niger* aumentaram com o incremento do tempo de amontoa no terreiro. Já nos grãos, para *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. e *Fusarium* sp. essa taxa diminuiu e a população de *A. ochraceus* e *A. niger* variaram de forma indefinida com altas taxas de infecção em todos os tempos avaliados. Não foi detectada presença de OTA em nenhum desses tempos para os frutos mantidos ensacados antes da secagem (PIMENTA & VILELA, 2003).

Segundo Van der Stegen (2003), para o café o risco de crescimento fúngico pode ocorrer devido à secagem inadequada e pela reumidificação dos grãos. Observou-se que *A. ochraceus* é capaz de crescer e produzir OTA em grãos verdes parcialmente secos ou reumidificados.

A formação de OTA nos substratos secos (grãos, frutas secas e nozes) geralmente ocorre na pós-colheita durante o condicionamento para armazenamento seguro. Quanto mais longa esta fase mais chance há para o crescimento dos fungos e produção de OTA (DHINGRA, 2004).

O armazenamento do café, em condições inadequadas, é considerado um dos principais fatores determinantes de perdas qualitativas e quantitativas do produto. Este período começa a apresentar riscos quando a atividade de água chega a valores superiores a 0,65, visto que a maioria dos fungos requer o mínimo de atividade de água de 0,70 para se desenvolver e apresenta esporulação intensa a partir de 0,80. Alguns cuidados de manejo devem ser observados, principalmente, porque a atividade de água tende a ser variável em uma mesma massa de grãos, em função de fenômenos como migração de umidade e condensação de vapor, infestação por insetos, além de outras ocorrências que podem favorecer aumento da atividade de água, com a conseqüente deterioração fúngica e contaminação por micotoxinas (Sauer *et al.*, citados por ALVES *et al.*, 2003).

Segundo a FAO (2001), a OTA é aparentemente formada em grãos de cafés verdes após a colheita e, portanto, práticas agrícolas inadequadas no campo têm pouca ou nenhuma influência na concentração de toxina nos grãos. Medidas de controle de OTA devem ser baseadas em boas práticas agrícolas (BPA), envolvendo rápida e efetiva secagem do café.

Dados precisos ainda não estão disponíveis para o desenvolvimento de um sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle para o processamento do café nos países produtores. Em um projeto realizado na Uganda envolvendo café, as principais etapas identificadas como pontos de riscos microbiológicos e, portanto, que contribuíram para o crescimento de fungos e produção de OTA, foram o armazenamento de cafés cerejas antes da secagem adequada dos grãos, secagem dos grãos diretamente no chão sem nenhuma proteção contra a chuva e a comercialização de grãos de cafés úmidos (VIANI, 2002).

A prevenção tem sido indicada como a melhor maneira de inibir o crescimento dos fungos produtores de OTA e a produção da toxina. Estudos foram realizados em países produtores de café, visando identificar os principais fungos produtores de OTA, os focos de contaminação (como frutos secos colhidos nas árvores, grãos verdes na derriça e no armazenamento) e os fatores que influenciavam a susceptibilidade dos grãos à contaminação (como a secagem de cafés cerejas nas plantas, cerejas e grãos atacados por fungos).

Apesar de existirem vários dados disponíveis na literatura científica e resultados de diversos trabalhos sobre a presença de fungos e produção de OTA no processamento pós-colheita do café produzido no Brasil, para elaboração do plano APPCC, é necessária a avaliação das diversas etapas, descrição do fluxograma de processo do produto e ajuste para cada tipo de processamento, armazenamento, beneficiamento e transporte envolvidos na pós-colheita do café.

2.0. OBJETIVO GERAL

Estabelecer critérios para aplicação dos princípios do sistema APPCC da colheita ao beneficiamento do café em relação à proliferação de fungos toxigênicos e produção de OTA.

2.1. Objetivos específicos

- Estudar a influência da atividade de água (A_w), da temperatura e do teor de água da massa de grãos, bem como das condições ambientais (umidade relativa e temperatura ambiente) em relação à proliferação de fungos toxigênicos e produção de OTA.

- Determinar a distribuição, presença e condições de desenvolvimento de microrganismos, considerando diferentes métodos empregados para a secagem do café da espécie *Coffea arabica* em regiões produtoras do estado de Minas Gerais.
- Realizar um levantamento sobre a presença de fungos e micotoxinas durante a colheita e preparo do café em regiões produtoras de café da espécie *Coffea arabica* no estado de Minas Gerais.

3.0. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em diferentes regiões produtoras de café da espécie *Coffea arabica* do estado de Minas Gerais (Figura 1). Durante a safra de 2004, foram realizados dois testes, entre os meses de junho e julho, em fazendas localizadas nos municípios de Ibituruna (Sul de Minas Gerais), Coromandel (Cerrado Mineiro), Araponga e Ervália (Zona da Mata Mineira). Outro experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa entre os meses de junho e julho de 2007 (apenas um teste), cujo café (*Coffea arabica*) foi proveniente da região de Viçosa, Zona da Mata Mineira.



a) Coromandel – Cerrado Mineiro



b) Ervália – Zona da Mata Mineira



c) Araponga – Zona da Mata Mineira



d) Ibituruna – Sul de Minas



e) Viçosa – Zona da Mata Mineira

FIGURA 1 - Vista geral das áreas de realização dos experimentos

3.1. Estudo da influência de variáveis e determinação da presença e condições de desenvolvimento de microrganismos no processamento pós-colheita do café em regiões produtoras de Minas Gerais

Nesta etapa, foi realizado o estudo dos diferentes tipos de café (cereja, cereja descascado e bóia), secados por diferentes métodos (terreiro suspenso, terreiro de cimento e o sistema combinado terreiro de cimento e secador mecânico), juntamente com uma análise quantitativa de fungos durante todo o experimento até o término da etapa de secagem nas fazendas de Coromandel, Ibituruna, Araponga e Ervália.

No experimento conduzido em Viçosa, além do monitoramento das variáveis na etapa de secagem, foi realizado, também, durante o armazenamento do café (período de 200 dias), o monitoramento da Aw, temperatura e teor de água da massa de grãos, umidade relativa e temperatura do ar ambiente no local de armazenagem.

3.1.1. Determinação da relação entre a contaminação fúngica do café e a taxa de secagem

Os métodos de secagem, conforme descritos no Quadro 2, foram avaliados durante o experimento.

QUADRO 2 - Métodos de secagem e tipos de café avaliados durante os experimentos nas regiões produtoras do estado de Minas Gerais

Região	Tipo de café	Método de secagem
Ibituruna (Sul de Minas)	Cereja	Terreiro de cimento
		Terreiro de cimento e secador mecânico
	Cereja descascado	Terreiro de cimento
		Terreiro suspenso
	Bóia	Terreiro de cimento
	Coromandel (Cerrado Mineiro)	Cereja
Terreiro de cimento e secador mecânico		
Cereja descascado		Terreiro de cimento
		Terreiro suspenso
Bóia		Terreiro de cimento
Araponga (Zona da Mata Mineira)		Cereja
	Terreiro de cimento e secador mecânico	
	Cereja descascado	Terreiro de cimento
		Terreiro suspenso
	Bóia	Terreiro de cimento
	Ervália (Zona da Mata Mineira)	Cereja descascado
Viçosa (Zona da Mata Mineira)	Cereja	Terreiro de cimento
	Cereja descascado	Terreiro de cimento
		Terreiro suspenso
	Bóia	Terreiro de cimento

Os lotes de cafés foram coletados na saída do lavador, totalizando 128 kg de café bóia, 385 kg de café cereja e 105 kg de café cereja descascado, esse coletado na saída do despulpador (Figura 2).

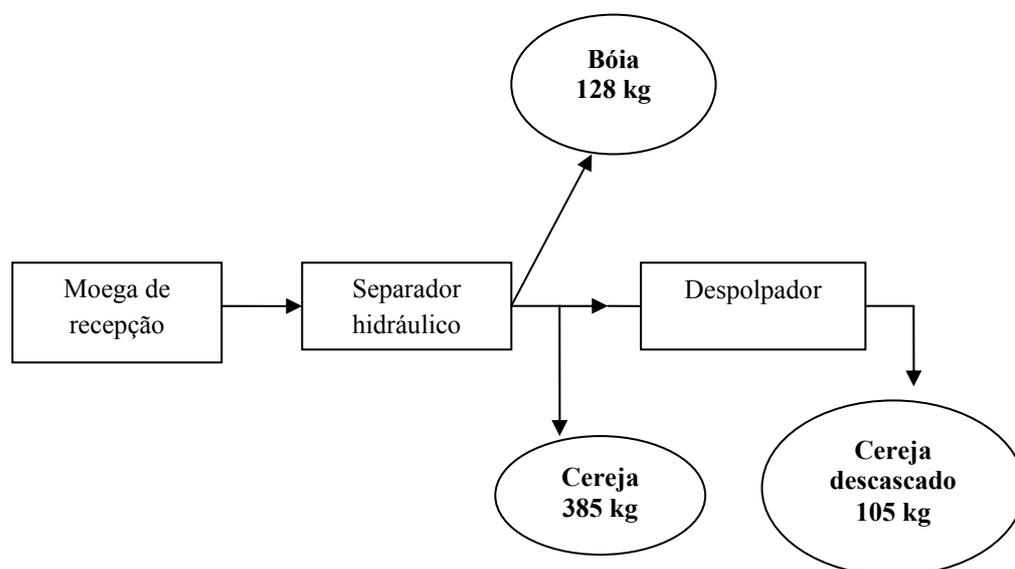


FIGURA 2 - Pontos de coleta dos lotes de cafés cereja, cereja descascado e bóia

Os lotes de café foram homogeneizados e divididos igualmente, obtendo-se amostras de trabalho, as quais foram utilizadas para as avaliações propostas, considerando-se os diferentes métodos de secagem (Figura 3).



FIGURA 3 - Equipamentos utilizados nos métodos empregados para a secagem dos cafés

Durante a etapa de secagem, foram realizados os procedimentos de amostragem descritos a seguir.

A) Amostragem inicial

Depois de homogeneizados os lotes de café cereja, cereja descascado e bóia, foram coletadas 3 amostras, de 1,5 kg de café, em diferentes pontos da massa de grãos

de cada lote. Cerca de 200 g foram usados para determinação do teor de água pelo método oficial de estufa (BRASIL, 1992) e 600 g foram embalados, identificados e enviados ao Laboratório de Doenças de Plantas do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa para análise de fungos. Os 700 g de amostras restantes, depois de acondicionados e identificados adequadamente, foram enviados ao Laboratório de Controle de Qualidade e Segurança alimentar – LACQSA, localizado em Belo Horizonte – MG, para análise de OTA.

B) Amostragem diária

Do primeiro dia de secagem até atingir o teor de água entre 11,5% e 12% b.u. foram coletadas amostras dos grãos de café, ao final do dia, de cada método avaliado (às 16:00 horas, aproximadamente) em cinco pontos diferentes, num total de 200 g, para determinação do teor de água pelo método oficial de estufa. O método de evaporação em banho de óleo - EDABO (SABIONE *et al.*, 1984) foi utilizado para auxiliar na determinação diária da umidade do café por ser um método rápido.

Do segundo dia até se atingir o teor de água entre 11,5% e 12% b.u., um adicional de 500 g de amostra foi coletado, no início do dia, embalado em sacos de polietileno e levado ao laboratório para determinação da atividade de água.

C) Amostragem final

No final da secagem, quando o produto tinha um teor de água entre 11,5% e 12% b.u., foram coletadas duas amostras de 1,5 kg cada, em 10 pontos diferentes da massa de grãos, as quais foram utilizadas para a determinação do teor de água, análise fúngica, análise de OTA e análise de bebida. Ao término da secagem, cada lote de café foi embalado em sacos de juta, identificado e armazenado.

3.1.2. Determinação da relação entre a contaminação fúngica do café e as condições de armazenamento

No experimento realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade de Viçosa, depois da secagem, os lotes de café cereja, cereja descascado e bóia foram acondicionados em sacos de juta e armazenados com teor de água igual a 12% b.u..

Do 1º ao 200º dia de armazenamento, a cada 15 dias, foram medidas a atividade de água, a temperatura e o teor de água da massa dos grãos de café cereja, cereja

descascado e bóia. Monitorou-se a umidade relativa e a temperatura do ar no local de armazenamento durante o período considerado. Amostras de 300 g de cada tipo de café foram coletadas, acondicionadas em embalagens de polietileno, identificadas e enviadas ao laboratório para contagem de fungos em intervalos regulares de 30 dias.

3.2. Levantamento da presença de fungos e micotoxinas no café durante a colheita e preparo em regiões produtoras de Minas Gerais

Para realizar o levantamento da ocorrência de fungos na colheita e preparo do café, foram coletados 3 kg de amostras de cafés da lavoura, da moega de recepção, da saída do lavador e do despoldador para contagem inicial de microrganismos.

Dos cafés da lavoura, moega de recepção e do despoldador (café cereja, cereja descascado, bóia e verde) foi retirado 1 kg de café, embalado em sacos de polietileno e enviado, em caixas refrigeradas, ao Laboratório de Doenças de Plantas do Departamento de Fitopatologia, da Universidade Federal de Viçosa, para determinação e quantificação dos fungos presentes na casca, polpa e nos grãos. As análises para determinação do teor de água inicial destas amostras foram realizadas nas fazendas pelo método EDABO (SABIONE *et al.*, 1984), registrando-se os valores encontrados em planilhas. O restante das amostras foi secado em secador de bandejas, com exceção dos grãos verdes secados em terreiro em camada espessa, até um teor de água igual a 12% b.u., embalado, identificado e armazenado até o final do experimento.

3.3. Descrição dos métodos e procedimentos das análises

3.3.1. Análises para determinação do teor de água dos grãos de café

O teor de água dos grãos foi determinado pelo método oficial de estufa a 105°C \pm 1 °C, por 24 horas com três repetições (BRASIL, 1992).

3.3.2. Medição da atividade de água e da temperatura da massa dos grãos de café

Para medição da atividade de água e da temperatura da massa de grãos de café foi utilizado um termo-higrômetro, constituído por um indicador de temperatura e umidade relativa com resolução de 0,1°C entre -9,9 e 205°C e de 1% para umidade relativa menores que 15% e por uma sonda com um sensor com precisão de \pm 0,5 °C para temperaturas na faixa de 15 a 35 °C, \pm 3% na faixa de 10 a 14,9°C e 5% na faixa de

35,1 a 50°C. Foram coletadas 500 g de amostras de cada lote de café armazenado, acondicionadas em sacos de polietileno e levadas ao laboratório para a medição da umidade relativa de equilíbrio depois que a amostra permanecia em repouso durante dez minutos de forma a entrar em equilíbrio térmico com o ambiente no qual as medições foram realizadas (Figura 4). Dez minutos depois de se realizar a primeira medição, foi realizada a segunda medição para confirmação dos valores de A_w obtidos.



FIGURA 4 - Procedimento para medição da atividade de água e da temperatura da massa de grãos de café

3.3.3. Medição da umidade relativa e da temperatura ambiente

Para monitorar a umidade relativa e a temperatura do ar ambiente durante as etapas de secagem e armazenamento foi utilizado um termo-higrômetro com exatidão de $\pm 1^\circ\text{C}$ e $\pm 5\%$ e resolução de $0,1^\circ\text{C}$ para temperaturas entre -10°C e 1°C para umidades entre 20 e 99%. Na etapa de secagem, as medições foram feitas diariamente nos horários de 9:00, 12:00 e 15:00 horas.

Durante o período de armazenamento, as medições foram realizadas durante os dias em que foram medidas A_w e a temperatura dos lotes de cafés armazenados, nos horários de 9:00, 12:00 e 15:00 horas.

3.3.4. Medição do potencial evaporativo

O potencial evaporativo do local de realização dos testes de secagem na região de Araponga ($20^\circ40'26.11''\text{S}$; $42^\circ30'51.6''\text{W}$) foi medido utilizando-se um recipiente de 30 cm de diâmetro. O recipiente, após adição de um litro de água, foi pesado e permaneceu próximo ao local de secagem dos cafés do primeiro dia de secagem em terreiro de cimento até os cafés atingirem teores de água entre 11,5 e 12,0% b.u..

Ao final de cada dia de secagem, quando os cafés eram cobertos com lonas, este recipiente era pesado. Nos dias de chuva, o recipiente era coberto com lona no momento

em que o café era coberto e descoberto juntamente com o café assim que a chuva cessasse.

3.3.5. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas para detecção e identificação de fungos foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade com ênfase nas espécies *A. ochraceus*, *A. carbonarius* e *P. verrucosum*.

A) Análises das amostras dos cafés provenientes das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália

Foram coletados 50 frutos das amostras de café cereja, cereja descascado e bóia enviadas ao laboratório. As amostras foram submetidas ao descascamento manual com remoção da casca e pergaminho. Os grãos obtidos de cada amostra foram plaqueados em meio de cultura "*Dichloran 18% Glycerol Ágar*" (DG18), depois de imersão em solução de hipoclorito de sódio 1% durante 20 minutos. A casca e o pergaminho depois de homogeneização foram diluídos e plaqueados. Depois da incubação das amostras durante 7 dias a 25°C, foi realizada a contagem do número de colônias na casca e na polpa dos cafés, expressa em Unidade Formadora de Colônia (UFC)/g de produto e determinada a porcentagem de grãos colonizados por fungos. As análises foram realizadas em triplicata (DHINGRA & SINCLAIR, 1995).

B) Análises das amostras dos cafés provenientes da região de Viçosa

Foram coletados 100 frutos das amostras de café cereja, cereja descascado e bóia enviadas ao laboratório. As amostras foram submetidas ao descascamento manual com remoção da casca e pergaminho. Depois do descascamento manual, 50 grãos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio 1% durante 20 minutos e plaqueados em meio de cultura DG18 e 50 grãos não esterilizados superficialmente também foram plaqueados em meio de cultura DG18. Depois da incubação das amostras durante 7 dias a 25°C, foi realizada a contagem do número de colônias na casca e na polpa dos cafés, expressa em Unidade Formadora de Colônia (UFC)/g de produto e determinada a porcentagem de grãos colonizados por fungos. As análises foram realizadas em triplicata (DHINGRA & SINCLAIR, 1995).

3.3.6. Análises para detecção de OTA

As amostras de café nas quais foram identificados os fungos produtores de ocratoxina A (OTA) foram embaladas, identificadas e enviadas para a realização da análise quantitativa de OTA pelo Laboratório de Controle de Qualidade e Segurança Alimentar, localizado em Belo Horizonte – MG. Foi empregado o método analítico de referência para análise de micotoxinas em produtos, subprodutos e derivados de origem vegetal (BRASIL, 2000).

A metodologia analítica para determinação de ocratoxina A por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em café verde, milho e feijão, fundamenta-se na extração da ocratoxina A pela solução de metanol; bicarbonato de sódio a 3% (1:1 v/v); purificação do extrato por coluna de imunoafinidade; separação, detecção e quantificação de ocratoxina A por CLAE. Os limites de detecção e quantificação dos métodos, determinados por ensaios de recuperação com amostras artificialmente contaminadas estão listados na Tabela 8 (BRASIL, 2000).

TABELA 8 - Limites de detecção e quantificação dos métodos

PARÂMETROS	RESULTADOS		ACEITABILIDADE
Exatidão (Recuperação)	≤0,5	100,0	Satisfatória
	>0,5 e < 2,0	107,9	
	≥2,0 e < 5,0	101,4	
	≥5,0 e <10,0	105,3	
	≥10,0 e <80,0	101,5	
	≥ 80,0	90,2	
	0,20 a 109,15	100,0 a 107,9	
Precisão (RSDr)	≤ 0,5	14,8	Satisfatória
	>0,5 e < 2,0	13,0	
	≥2,0 e 5,0	10,7	
	≥5,0 e < 10,0	13,9	
	≥10,0 e < 80,0	13,7	
	≥80,0	21,1	
	0,20 a 109,15	10,7 a 21,1	
Linearidade	0,9851 (faixa de 0,20 a 21,83 µg/kg)		Satisfatória
LD do equipamento			0,12 µg/kg
LD e LQ do método			0,20 µg/kg

FONTE: BRASIL (2000)

3.3.7. Análises de bebida

Os testes para determinação do grupo e subgrupo do café beneficiado foram realizados por profissionais habilitados da INCOFEX, Viçosa – MG nas amostras do café ao término do processo de secagem seguindo os procedimentos da Instrução Normativa Nº 8 de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003).

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, os ensaios e as análises dos cafés nas quatro regiões selecionadas foram realizados seguindo a metodologia descrita. Foram adotados rigorosos critérios relacionados à higiene, desde a colheita até o armazenamento do café, para que fatores externos aos avaliados não influenciassem os resultados referentes à presença de fungos, segurança e qualidade final do produto.

A seguir são apresentados os resultados obtidos nos experimentos realizados e as discussões sobre os pontos mais relevantes da pesquisa.

4.1. Caracterização climática das regiões durante a realização dos experimentos

Durante a realização dos dois experimentos (Teste 1 e Teste 2), foram monitoradas as temperaturas e as umidades relativas do ar ambiente nos locais onde foram realizados tais ensaios, com o objetivo de verificar as condições ambientais durante todo o processo de secagem, em cada região. Os valores médios mensais da umidade relativa e da temperatura do ar ambiente podem ser visualizados na Tabela 9.

TABELA 9 - Valores médios da umidade relativa (UR %) e da temperatura do ar ambiente (T°C), por região, durante todo o processo de secagem dos cafés

Região	Teste 1		Teste 2	
	UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)
Ibituruna	72,5 ± 5,6	20,1 ± 1,7	74,6 ± 9,9	18,9 ± 2,8
Coromandel	57,5 ± 5,9	21,8 ± 1,4	54,6 ± 8,8	19,8 ± 1,8
Araponga	78,1 ± 9,2	19,1 ± 1,9	74,5 ± 4,2	19,8 ± 1,9
Ervália	83,9 ± 9,5	18,3 ± 2,2	78,7 ± 5,2	19,3 ± 1,5

Baseado nos dados da Tabela 9, numa primeira avaliação, pode-se observar que a região de Ervália, seguida de Araponga e Ibituruna apresentaram condições climáticas desfavoráveis para a secagem do café, empregando-se o método de secagem em terreiro (terreiro de cimento e suspenso), principalmente, em razão dos elevados valores da umidade relativa do ar. Comparativamente à região de Coromandel, onde os valores de umidade relativa foram menores, as condições para a secagem em terreiro foram propícias para a utilização deste método.

Ressalta-se que estes dados se referem ao microclima dos locais nos quais os ensaios foram realizados e, portanto, depreende-se que esses resultados não são suficientes para afirmar que o processo de secagem dos cafés na região de Coromandel

irá sempre ocorrer de maneira mais rápida que nas demais regiões, uma vez que, além do manejo da operação, outros fatores como a velocidade e intensidade do vento, o número de horas de insolação, a possibilidade de um ano atípico, o tipo, condições e localização do terreiro, poderão influenciar o tempo de realização do processo.

Analogamente, somente baseando-se nos resultados apresentados na Tabela 9, não seria possível afirmar que houve semelhança no comportamento do café durante a secagem nas regiões de Ervália, Araçuaia e Ibituruna, apenas pelo fato dos valores médios de temperatura e umidade relativa do ar ambiente serem próximos. Melhor comparação deste comportamento poderá ser feita com base nas curvas de secagem dos cafés, que serão apresentadas subsequente.

Os dados completos de temperatura e umidade relativa coletados durante o período de realização dos ensaios estão inseridos no Anexo I.

4.2. Curvas de secagem

As curvas de secagem dos cafés cereja, bôia e cereja descascado secos pelos diferentes métodos estão apresentadas a seguir (Figuras 5 a 9).

Por meio de uma análise prévia dos resultados obtidos nos testes 1 e 2, verificou-se que as curvas de secagem para os três tipos de cafés estudados, apresentaram comportamento semelhante para os dois testes realizados. Assim, serão apresentados e discutidos apenas os resultados obtidos no primeiro teste (Teste 1). Os demais resultados foram inseridos no Anexo II.

De acordo com os dados da Figura 5, verifica-se que a secagem completa do café cereja em terreiro de cimento, na região de Araçuaia, foi mais lenta que nas demais regiões, atingindo o teor de água igual a 12% b.u. com 23 dias de secagem. Na região de Ibituruna, o café cereja, empregando-se o mesmo método de secagem, atingiu 11,9% b.u. de teor de água com apenas 12 dias. Na região de Coromandel que, aparentemente, tinha condições adequadas para uma rápida secagem, o tempo necessário para se atingir 12% b.u. foi superior ao de Ibituruna (19 dias). Este fato confirma o anteriormente descrito, evidenciando que, além da temperatura e umidade relativa, outros fatores interferiram na velocidade da secagem do produto, tais como tipo e localização dos terreiros e as condições ambientais durante a noite (não avaliadas).

Esses resultados permitem constatar que, para se obter cafés com qualidade, deve-se, além dos cuidados com os tratamentos culturais da lavoura, observar as características climáticas da região em que será construída a planta de processamento

pós-colheita e escolher os sistemas de secagem mais adequados para a região. Outro fator de importância se refere à localização do terreiro, cuja construção em lugares úmidos como baixadas e locais próximos de represas, sombreados por árvores ou construções adjacentes deve ser evitada. Além disso, na elaboração do projeto e construção da infra-estrutura de preparo e processamento, deve-se pensar na facilidade das operações de manutenção e limpeza da unidade de processamento pós-colheita.

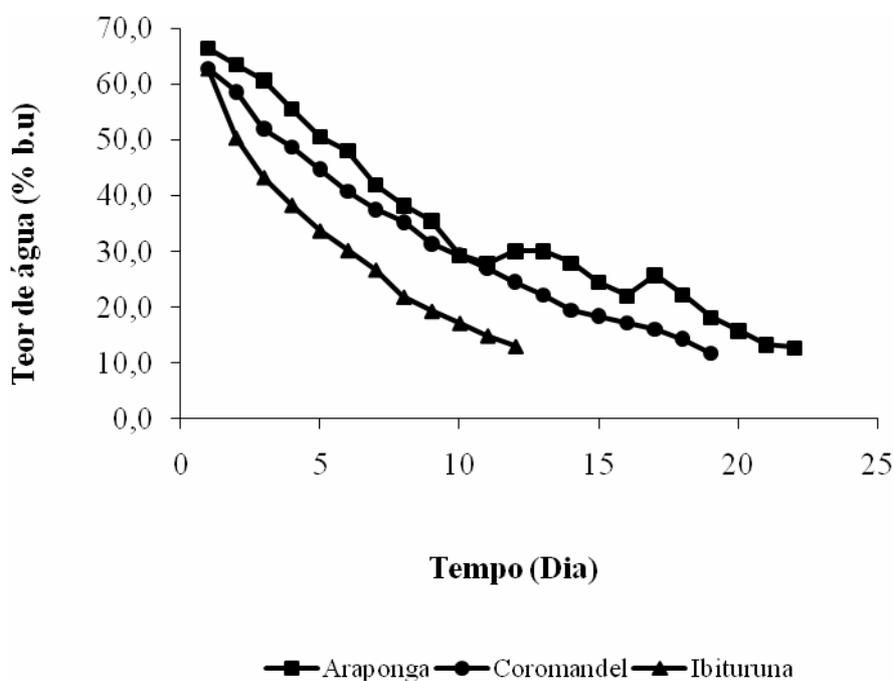


FIGURA 5 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento por região – Teste 1

O comportamento de secagem dos demais cafés, empregando-se os diferentes métodos estudados, foi semelhante àquele observado para o café cereja secado em terreiro de cimento, conforme visualizado nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

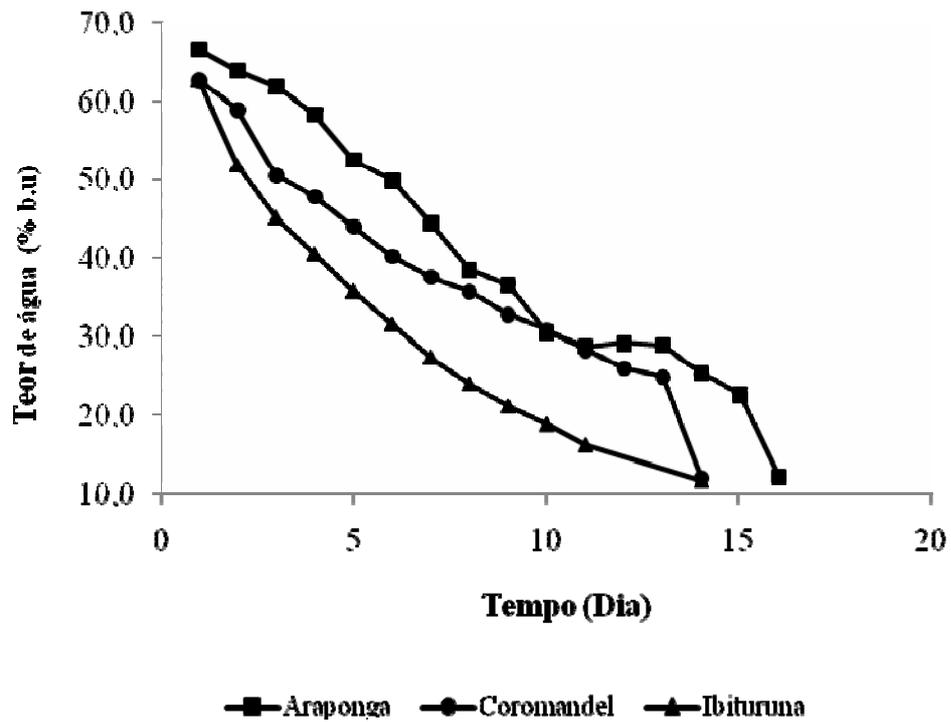


FIGURA 6 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento e secador mecânico por região – Teste 1

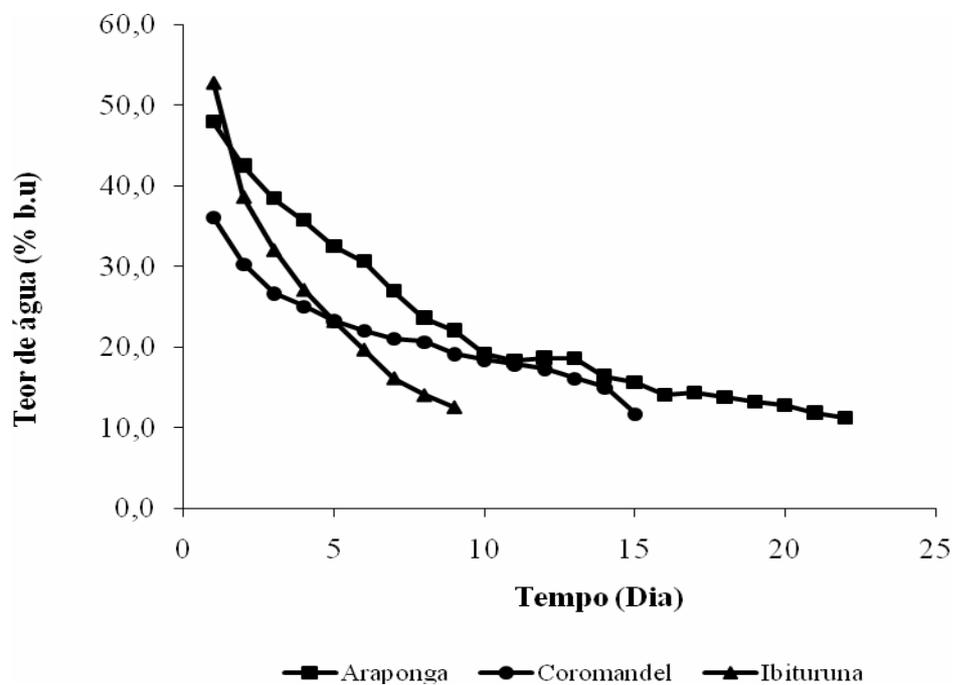


FIGURA 7 - Curva de secagem do café búa secado em terreiro de cimento por região – Teste 1

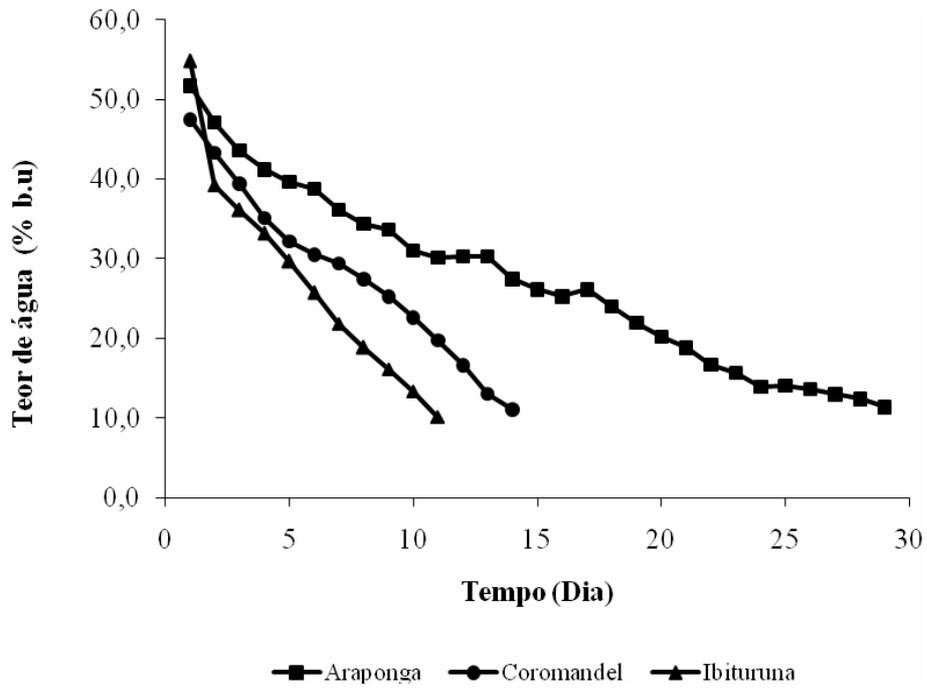


FIGURA 8 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro de cimento por região – Teste 1

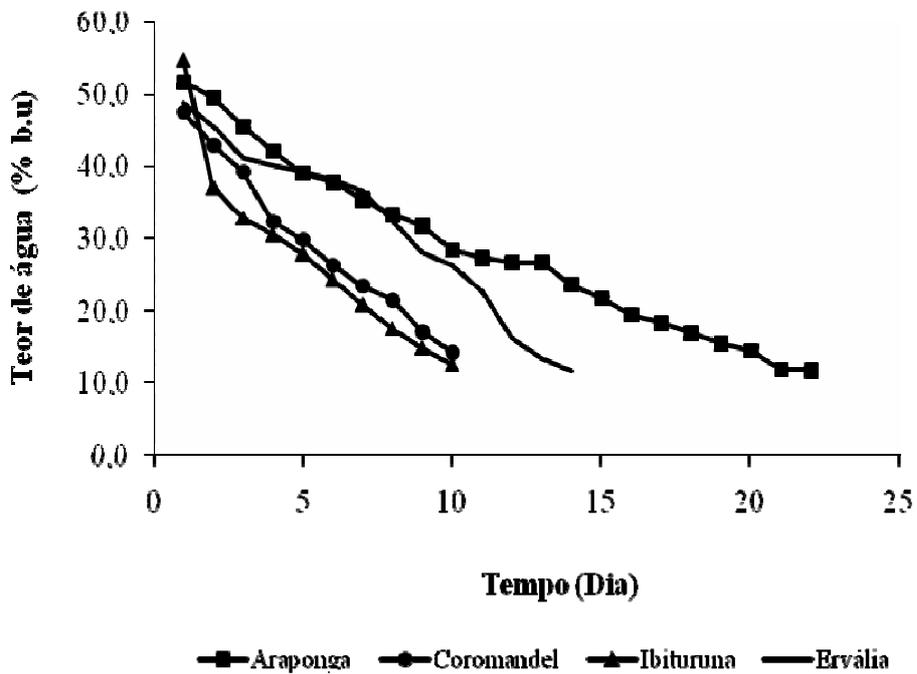


FIGURA 9 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro suspenso por região – Teste 1

Na Figura 9, ao se observar a curva de secagem do café cereja descascado na região de Ervália, verifica-se que, apesar de estar localizada na região da Zona da Mata Mineira, como Araponga, e de ter apresentado condições ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) menos favoráveis para a secagem do café em terreiro, o tempo de secagem do café (15 dias) foi significativamente menor que o de Araponga (23 dias). Este fato comprova novamente o que foi discutido anteriormente sobre os diferentes fatores que podem influenciar a velocidade do processo de secagem.

O tempo relativamente longo para a secagem completa dos cafés é característico do método de secagem em terreiro, predominantemente empregado durante os experimentos. Baseado nas curvas de secagem apresentadas pode-se afirmar que a região de Araponga possui características mais desfavoráveis para a secagem do café em terreiro, evidenciado pelo longo tempo de secagem, o que pode comprometer a qualidade do café. Este longo tempo de secagem pode estar relacionado, principalmente, à alta nebulosidade da região, verificada durante a realização do Teste 1, conforme pode ser visualizado na Figura 10.



FIGURA 10 - Visualização das condições climáticas na região de Araponga durante a realização do Teste 1

Para regiões em que os fatores climáticos são semelhantes aos da região de Araponga, o uso do terreiro como única opção para secagem do café não é aconselhável. Nestes casos outros sistemas, como a secagem combinada, seria uma opção tecnológica para a melhoria da qualidade destes cafés e para a redução do risco de desenvolvimento de fungos toxigênicos. Além disto, o emprego de tais sistemas poderia contribuir para a manutenção de um padrão de qualidade das bebidas dos cafés, já que o controle das variáveis, umidade relativa e temperatura do ar de secagem e, conseqüentemente, o controle da temperatura do produto e tempo de secagem, são facilitados.

Depreende-se que o ideal, durante a fase de pós-colheita, é a rápida redução do teor de água inicial do café, no menor tempo possível, em níveis que evitem a deterioração do produto devido à proliferação de fungos e à intensa atividade metabólica dos grãos e microrganismos presentes naturalmente nestes cafês.

4.3. Valores de atividade de água durante o processo de secagem

No café, assim como em outros produtos, a A_w é o principal fator determinante da estabilidade do alimento e para o desenvolvimento dos microrganismos capazes de deteriorarem o produto. O valor de A_w adotado neste trabalho como limite para se garantir a não produção de OTA no café foi de 0,70. Esse valor foi baseado em dados de estudos científicos já realizados e nas recomendações da FAO (2004).

Os resultados do monitoramento contínuo da atividade de água dos cafês durante os processos de secagem em terreiro de cimento estão apresentados na Figura 11.

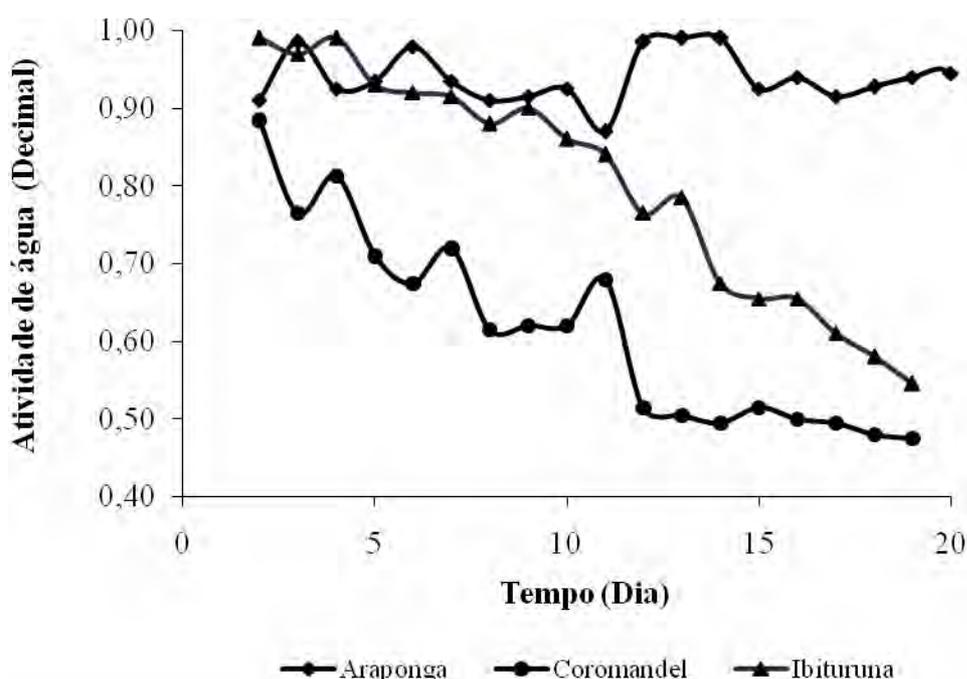


Figura 11 - Valores de atividade de água do café cereja observados durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Araponga, Coromandel e Ibituruna – Teste 1

Observa-se na Figura 11, que dentre as regiões estudadas, em Coromandel a Aw foi reduzida para valores inferiores a 0,70, em menor tempo em relação às outras regiões (cerca de 7 dias de secagem), mesmo que o tempo de secagem tenha durado 19 dias (Figura 5). A rápida redução da quantidade de água disponível nos frutos para níveis seguros foi favorecida em relação às demais regiões.

É sabido que no início do processo de secagem, quando os frutos estão com o máximo de teor de água, a taxa de evaporação da água é elevada, sendo reduzida conforme os valores do teor de água aproximam-se da condição de equilíbrio com a atmosfera do ambiente, quando são observados os fenômenos presentes no período de razão decrescente de secagem. A baixa umidade relativa e a temperatura do ar ambiente na região de Coromandel podem ter acelerado o processo de evaporação no primeiro período de razão decrescente, favorecendo a rápida redução da Aw nos grãos, embora o tempo de secagem tenha sido superior ao de Ibituruna (Figura 5).

É importante ressaltar que na região de Araponga observou-se comportamento diferente quanto à redução da Aw durante a secagem em terreiro de cimento. Os valores de Aw permaneceram acima de 0,80 durante todo o período de realização do Teste 1, mesmo para valores do teor de água igual a 12% b.u.. Além da localização dos terreiros e da alta nebulosidade observada durante os testes, a manutenção da alta Aw pode ser justificada, considerando o fato de que as amostras para a realização das medições de Aw foram coletadas no início da manhã (aproximadamente às 8:30 horas). Em razão da elevada umidade relativa do ar e a temperatura baixa, principalmente durante o período noturno, a superfície dos grãos mantinha-se umedecida. As amostras, coletadas em diferentes pontos da massa de grãos, eram acondicionadas em sacos de polietileno, onde era introduzida a sonda para medir a umidade relativa de equilíbrio. Nestas condições, os valores elevados da umidade do ar no interior dos sacos de polietileno podem ter favorecido a formação de um ambiente com elevada umidade intergranular, influenciando os valores da umidade relativa de equilíbrio e, portanto, da Aw.

Nas Figuras 12 e 13, pode ser observado o comportamento da Aw durante a secagem do café cereja descascado em terreiro suspenso, nas diferentes regiões.

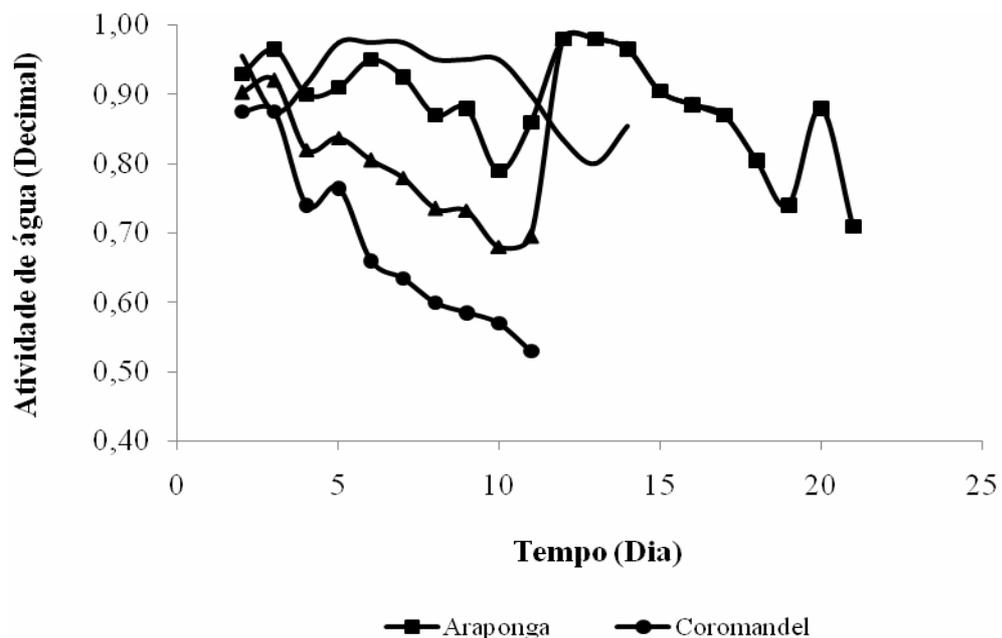


FIGURA 12 - Valores de atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália – Teste 1

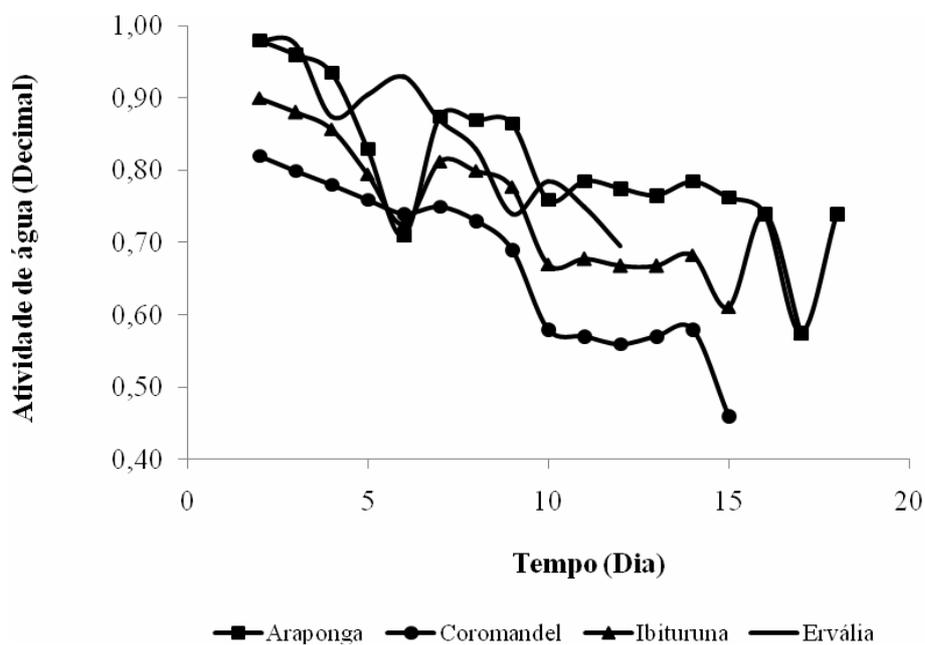


FIGURA 13 - Valores de atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália – Teste 2

Uma oscilação nos valores de A_w podem ser observados nos resultados obtidos em Ibituruna, Araponga e Ervália (Figuras 12 e 13). O aumento observado, depois de um período de redução dos valores de A_w , pode ser consequência da forma e período em que as amostras foram coletadas em decorrência da elevação da umidade relativa do ar, principalmente nos períodos noturnos ou nos períodos chuvosos, reumidificando superficialmente a massa de grãos e influenciando os valores da umidade relativa de equilíbrio e, conseqüentemente, os valores de A_w .

Além disso, pode-se observar que em Ervália e Araponga, os valores de A_w permaneceram acima de 0,70, mesmo quando o café tinha teor de água igual a 11,6% b.u, comprovando que em tais regiões este tipo de secagem não é seguro, devido a possibilidade de reumidecimento dos grãos durante a noite.

Portanto, a secagem para níveis seguros, considerando um valor de A_w inferior a 0,70 [valor baseado em estudos científicos e nas recomendações da FAO (2004)] é de extrema importância para a conservação do café, considerando-se que a A_w pode interferir na sua qualidade e segurança, principalmente, durante a fase de armazenamento, que é favorável à proliferação de fungos toxigênicos.

O comportamento da A_w para os cafés cereja, cereja descascado e bóia, durante a secagem pelos diferentes métodos empregados, foi semelhante àquele observado para o café cereja e cereja descascado já descritos e estão apresentados no Anexo III.

4.4. Valores da temperatura da massa de grãos durante o processo de secagem

Os valores de temperatura, monitorados durante a secagem do café cereja em terreiro de cimento em Coromandel, Ibituruna e Araponga para os testes 1 e 2 estão apresentados nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

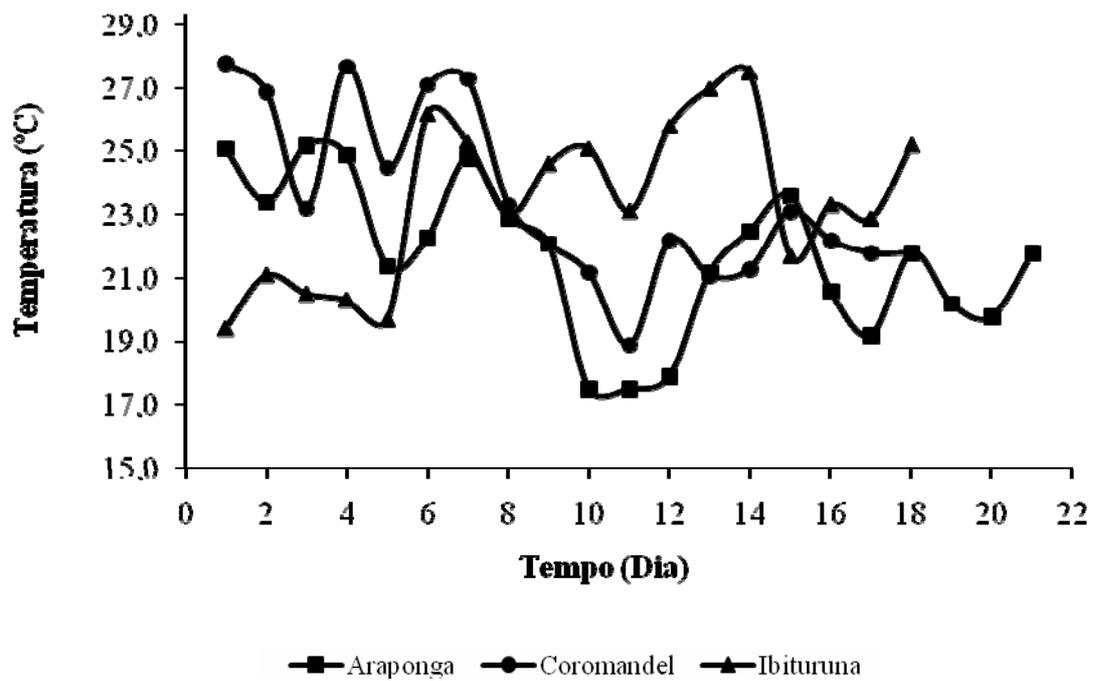


FIGURA 14 - Valores da temperatura da massa de grãos durante a secagem do café cereja em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1

Na Figura 14, observa-se que não ocorreu um aquecimento excessivo do produto por longos períodos, durante a secagem nas regiões estudadas. Este fato é confirmado ao se observar que os valores médios da temperatura da massa de grãos em Coromandel ($26,6 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$), Ibituruna ($23,4 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$) e Araponga ($21,7 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$) foram próximas à temperatura ambiente de cada região (Tabela 9) durante a secagem.

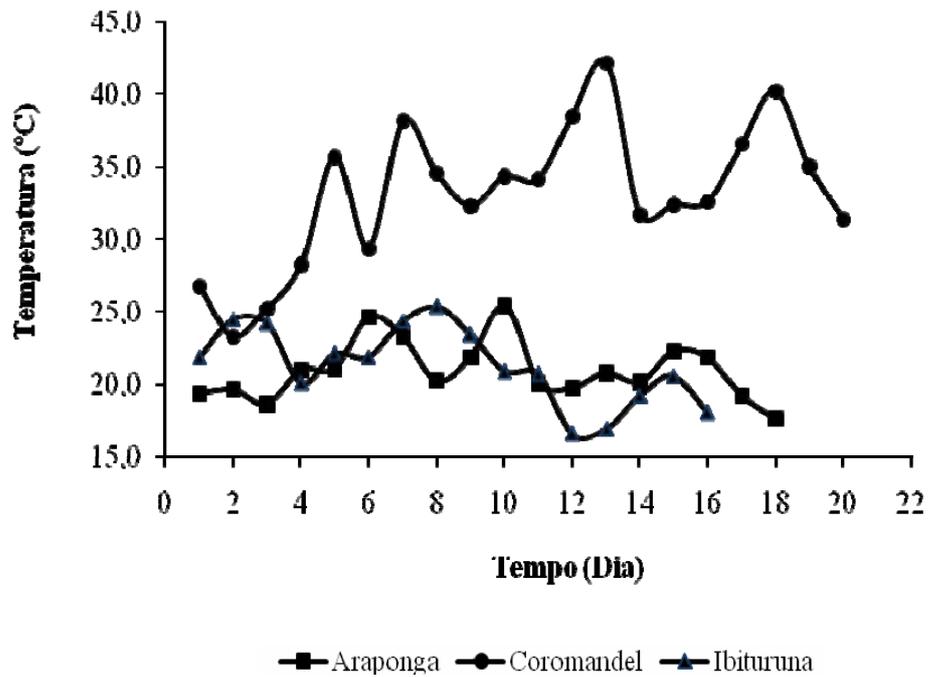


FIGURA 15 - Valores da temperatura da massa de grãos durante a secagem do café cereja em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga – Teste 2

Na Figura 15, entretanto, pode-se observar um aumento da temperatura do produto acima de 30°C a partir do quinto dia de secagem para região de Coromandel. Neste período, a temperatura média do ambiente era de $19,8 \pm 1,8$ °C, e a temperatura média do produto foi de $35,0 \pm 3,5$ °C. É possível que aquecimentos na massa de grãos de café, secados em terreiro, superiores a 30 °C possam estar associados a deficiências no revolvimento do produto.

Desta forma, o revolvimento contínuo das leiras de café é importante e contribui, significativamente, para evitar perdas de qualidade, nos primeiros dias de secagem.

Em razão do comportamento semelhante dos três tipos de café estudados em relação à temperatura do produto, os demais dados coletados durante o período de realização dos experimentos estão inseridos no Anexo IV.

4.5. Influência das variáveis avaliadas na qualidade da bebida dos cafés

O monitoramento do teor de água, Aw e temperatura do produto permitiu verificar a influência destas variáveis na qualidade da bebida dos diferentes tipos de café, ao término da secagem, pelos métodos empregados em cada região.

No Quadro 3 estão apresentados os resultados da análise de bebidas dos cafés cereja, cereja descascado e do café bóia ao término da secagem.

QUADRO 3 - Resultados das análises de bebidas, por região, ao término da secagem dos cafés

Região	Tipo de café	Método de secagem	Análise de bebida	
			Teste 1	Teste 2
Ibituruna	Cereja	Terreiro de cimento	Apenas mole	Dura
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	Mole	Mole
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	Apenas mole	Apenas mole
		Terreiro suspenso	Mole	Apenas mole
Bóia	Terreiro de cimento	Mole	Apenas mole	
Coromandel	Cereja	Terreiro de cimento	Dura	Mole
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	Dura	Dura
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	Dura	Mole
		Terreiro suspenso	Dura	Mole
	Bóia	Terreiro de cimento	Dura	Dura
Araponga	Cereja	Terreiro de cimento	Dura	Dura
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	Dura	Rio
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	Rio	Dura
		Terreiro suspenso	Mole	Mole
	Bóia	Terreiro de cimento	Dura	Rio
Ervália	Cereja descascado	Terreiro suspenso	Apenas mole	Apenas mole

De acordo com os resultados do Quadro 3, pode-se observar que em Ibituruna, localizada na região do sul de Minas Gerais, as características climáticas durante a colheita e pós-colheita do café, bem como a adoção dos procedimentos de boas práticas agrícolas (BPA) e procedimentos operacionais padrão de higienização (POPH) favoreceram a obtenção de cafés de bebida de mole e apenas mole pelos métodos de secagem empregados.

Na região de Coromandel, as condições climáticas, a interação entre os fatores Aw e temperatura da massa de grãos e as condições inadequadas do terreiro de cimento podem ter sido a causa de maior deterioração e perda de qualidade dos cafés, cuja maioria das amostras teve bebida dura, mesmo que adotados os procedimentos de BPA e POPH como nas demais regiões.

Os cafés na região de Araponga tiveram bebidas dura e rio. Como descrito anteriormente, o tempo prolongado de secagem (em média 23 dias) e os elevados valores de Aw durante o processo podem ter influenciado para que se fossem obtidos esses resultados de bebida, mesmo que a temperatura na massa de grãos tenha sido baixa. Esses resultados indicam que, nesta região, o uso do terreiro de cimento, a sua localização e os fatores climáticos, não são adequados para se obter cafés com qualidade.

Observa-se, de acordo com os resultados do Quadro 3, que a maioria dos cafés cereja descascado tiveram bebida mole ou melhor. Assim, pode-se afirmar que, independentemente da região, cafés com essas características tiveram vantagens em relação à qualidade do produto, mesmo nas regiões em que as características climáticas, a localização e as condições do terreiro de cimento possam ter dificultado o processo de secagem dos cafés com outras características de processamento. Deve-se considerar, também, que os cafés descascados requerem menor área de terreiro e menor tempo de secagem, em comparação com os cafés cerejas.

Independentemente da região estudada, os cafés secados em terreiro suspenso apresentaram sempre melhor qualidade. A combinação terreiro de cimento e secador mecânico, exceto para Ibituruna, não garantiu boa qualidade por reduzir o tempo de secagem dos cafés. Esse sistema combinado é dependente da pré-secagem em terreiro e os danos ocorridos nessa fase foram irreversíveis, não sendo observadas grandes diferenças na qualidade da bebida em relação aos demais métodos.

Observou-se que vários fatores, durante a secagem, podem influenciar o tipo e a qualidade da bebida do café tais como temperatura do produto, teor inicial de água, tempo de operação, características do produto e técnicas de preparo.

4.6. Dados do potencial evaporativo na região de Araponga durante a realização dos experimentos

O potencial evaporativo de uma região corresponde à quantidade de água evaporada de uma superfície líquida exposta livremente às condições ambientais, durante determinado período, considerando a influência de fatores tais como a radiação solar, vento, temperatura, umidade relativa e localização.

Pela análise dos dados obtidos na região de Araponga durante todo o período de secagem, verificou-se a possibilidade da utilização desta variável para auxiliar na

estimativa do tempo de secagem de cada tipo de café por meio do desenvolvimento de um método rápido para determinação da secagem do café em terreiro de cimento.

Na Figura 16, estão apresentados os dados do potencial evaporativo diário, expresso em milímetro de água, para a região de Araponga, durante o período de secagem.

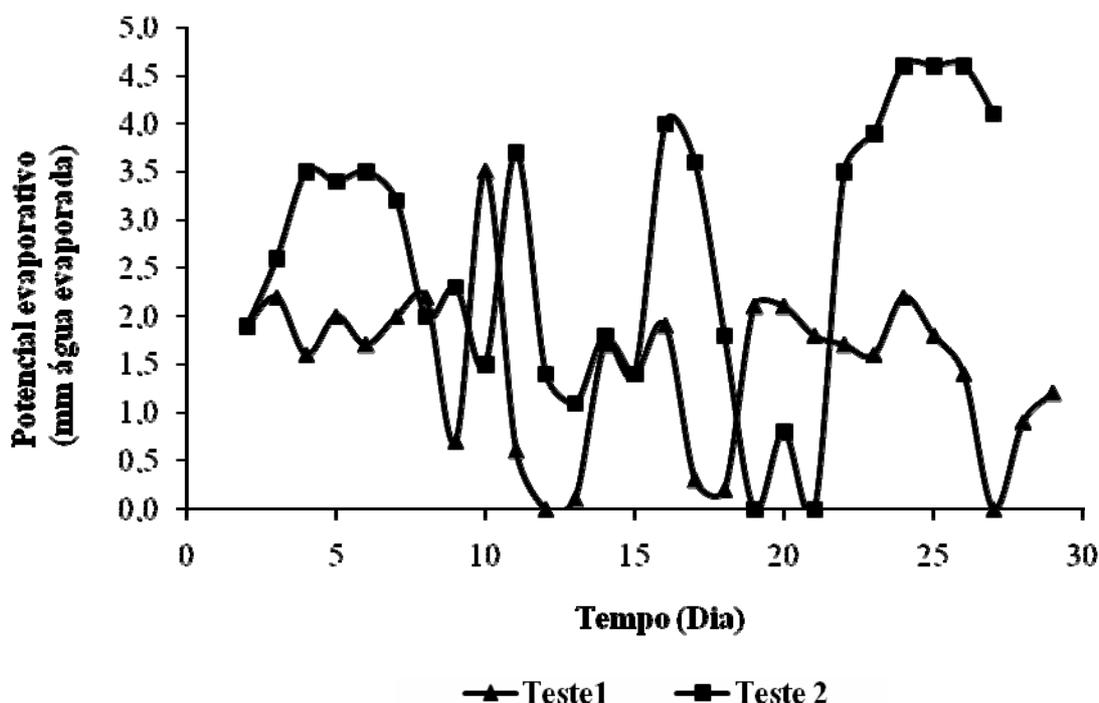


FIGURA 16 - Valores do potencial evaporativo da região de Araponga medidos durante o processo de secagem dos cafés – Testes 1 e 2

Pode-se verificar que a quantidade de água evaporada diariamente é muito variável, pois depende das condições climáticas da região, tornando difícil estabelecer uma relação com o processo de secagem dos cafés. No entanto, considerando o potencial evaporativo acumulado, durante todo o processo de secagem em Araponga, verificou-se que as curvas obtidas quando se relacionam os dados dos potenciais evaporativos acumulados, em função do tempo de secagem, foram semelhantes às curvas de secagem dos diferentes tipos de cafés, porém em sentido inverso, conforme evidenciado nas Figuras 17 e 18.

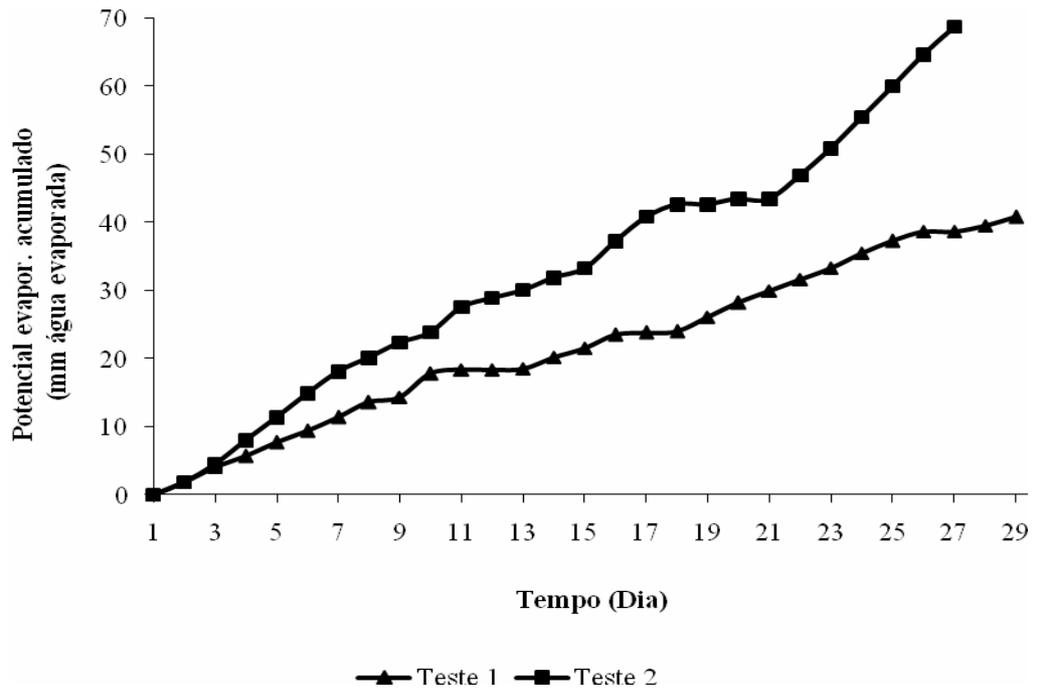


FIGURA 17 - Potencial evaporativo acumulado para a região de Araponga

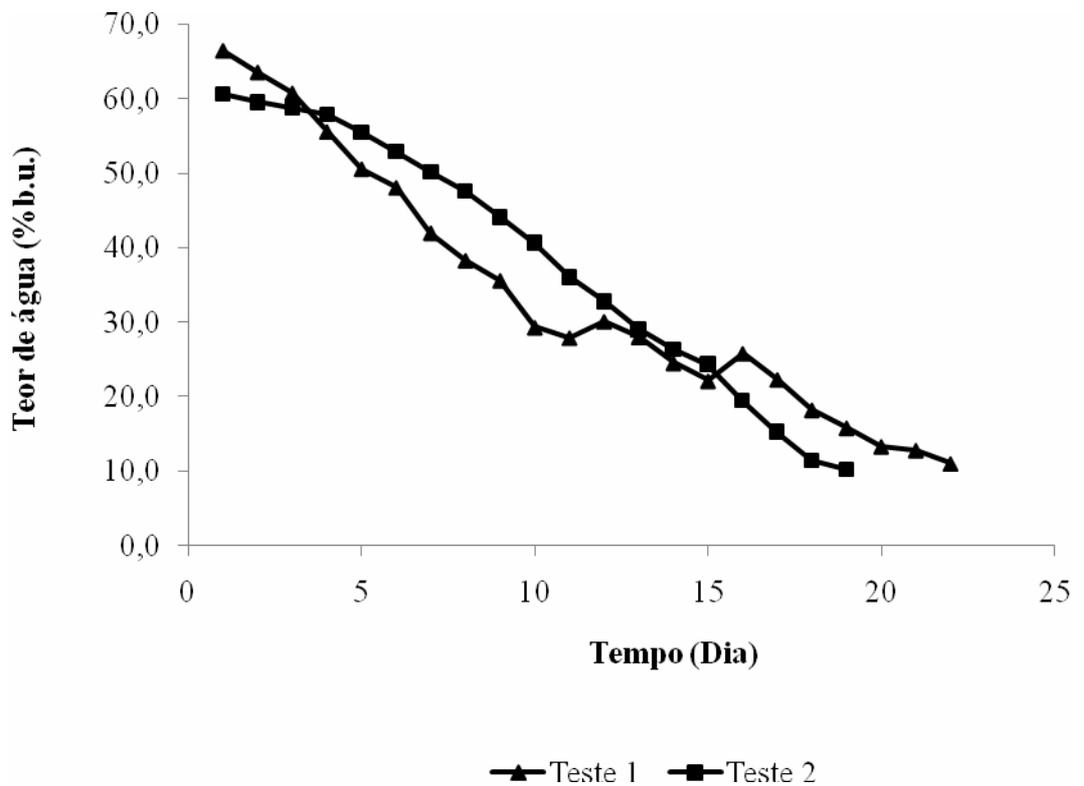


FIGURA 18 - Curvas de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento

Pode-se observar ainda, que a quantidade de água evaporada para o Teste 2 foi superior à do Teste 1 (Figura 17), o que resulta em um potencial de secagem maior para este período, conforme comprovado pelo menor tempo de secagem observado no Teste 2 em relação ao Teste 1 (Figura 18).

As Figuras 19 e 20 são representações gráficas dos resultados de teor de água da massa dos diferentes tipos de cafés em função do potencial evaporativo acumulado na região de Araponga. Assim, fazendo a correlação entre o potencial evaporativo acumulado e as curvas de secagem dos cafés, pode-se verificar a influência desse potencial sobre a secagem do café.

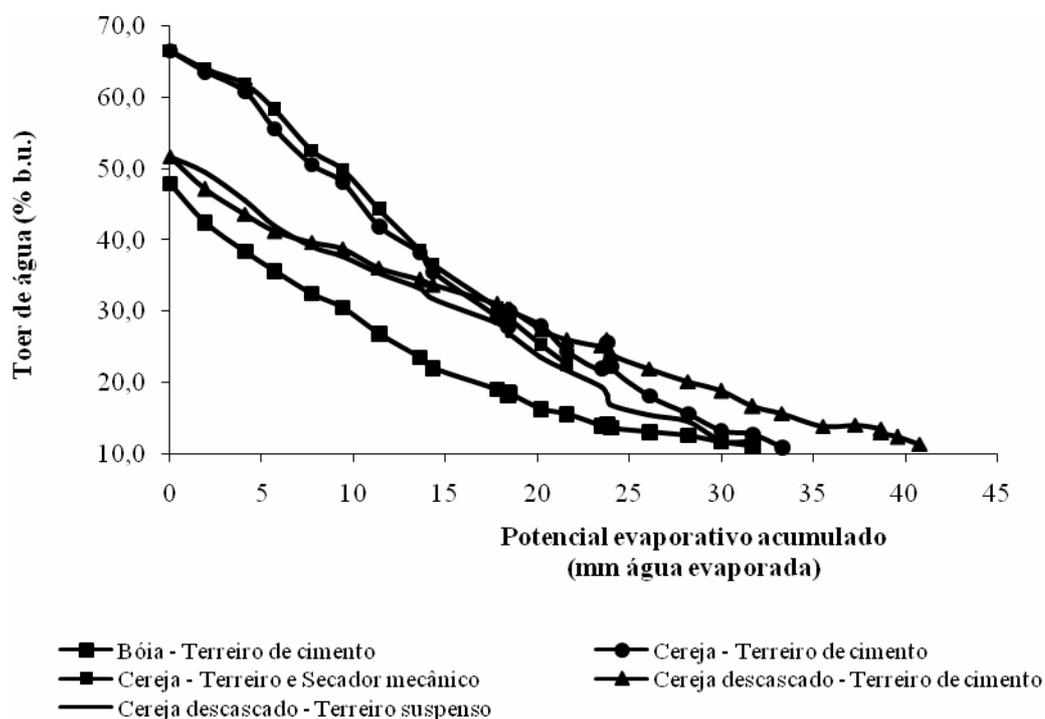


Figura 19 - Teor de água da massa de grãos em função do potencial evaporativo acumulado dos diferentes tipos de cafés na região de Araponga – Teste 1

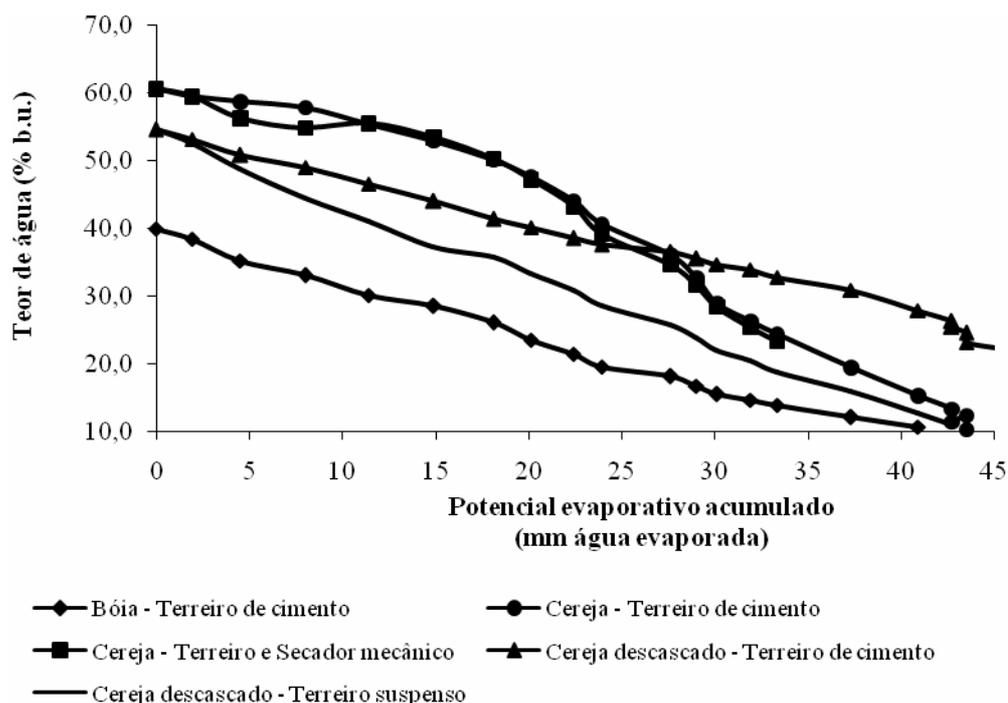


Figura 20 - Umidade da massa de grãos em função do potencial evaporativo acumulado dos diferentes tipos de cafés na região de Araponga na região de Araponga – Teste 2

Baseando-se nos resultados observados nas Figuras 19 e 20, é possível estimar as condições de secagem dos diferentes cafés, em terreiro de cimento ou suspenso, fazendo o monitoramento da quantidade de água evaporada ao longo do período em que o produto estiver exposto no terreiro. A determinação do teor de água do café poderá ser realizada por meio de equipamentos simples, rápidos e de boa precisão.

Ressalta-se que cada tipo de terreiro deve ser avaliado individualmente para cada local específico, ou seja, não é possível utilizar dados de um terreiro para estimar outro, mesmo que estejam localizados na mesma propriedade.

Estudos mais detalhados, envolvendo a medição de variáveis tais como radiação solar, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar ambiente, para determinação do potencial evaporativo de diferentes regiões produtoras e sua relação com o teor de água do café, durante o processo de secagem, poderão auxiliar no aprimoramento desta metodologia para estimar o tempo de secagem do café em terreiro.

A possibilidade da utilização deste método, além de permitir o conhecimento das condições de umidade do café, depois de determinado tempo de secagem, servirá para

estimar indiretamente o potencial de desenvolvimento de microorganismos. Ou seja, quanto maior a evaporação acumulada nos primeiros dias de secagem, menores serão as chances de redução na qualidade do produto por fermentações indesejáveis.

4.7. Contaminação fúngica do café na colheita, preparo e secagem

As análises dos resultados obtidos durante a secagem do café foram complementadas com os dados sobre a contaminação fúngica ao longo do processamento pós-colheita.

Numa análise prévia, observou-se que o café apresentou uma microbiota característica composta por determinados gêneros e espécies de microorganismos, independentemente da região onde a pesquisa foi realizada. Desta forma, serão apresentados os dados das análises da contaminação fúngica do café cereja no início do processo de secagem (Tabela 10) e dos cafés cereja e cereja descascado ao término da secagem pelos métodos estudados (Tabela 11). Os demais dados foram inseridos no Anexo V.

No início do processo (Tabela 10) detectaram-se elevadas contagens de leveduras na casca e polpa, principalmente do café cereja, verificando-se a ausência desses microorganismos nos grãos. Observou-se elevado número de colônias de fungos *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp. na casca, na polpa e alta porcentagem de grãos infectados no café cereja. A presença de tais microorganismos, principalmente nos grãos, pode resultar em deterioração e perda de qualidade.

Observou-se reduzido número de colônias de fungos das espécies *A. carbonarius*, *A. flavus* e *A. ochraceus*. A presença de fungos do gênero *Aspergillus* sp. nesta fase do processamento pós-colheita não representa perigo quanto à produção de micotoxinas. Tal fato se justifica devido à competição entre microorganismos inicialmente presentes nos grãos, sendo que as condições ambientais e as características intrínsecas dos grãos de café (teor de água e Aw) durante a secagem determinam a predominância de algumas espécies de microorganismos hidrofílicos. Nestas condições, os fungos do gênero *Aspergillus* sp. não são capazes de competir com os microorganismos predominantes e não encontram condições favoráveis para seu desenvolvimento.

TABELA 10 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, por região, no início do processo de secagem – Teste 1

Regiões	Amostra	Contagem de microrganismos								OTA
		Leveduras	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	
Ibituruna	Casca e polpa (UFC/g)	2,5 x 10 ⁴	ND	ND	ND	ND	2,3	46	28	> 0,20µg/kg***
	Grãos (% grãos infectados)	ND	0,6	0,6	0,6	ND	7,2	27	4,4	> 0,20µg/kg***
Coromandel	Casca (UFC/g)	5,0 x 10 ⁵	ND	ND	ND	ND	3,3 x 10 ²	5,0 x 10 ⁴	6,0 x 10 ⁴	> 0,20µg/kg***
	Polpa (UFC/g)	2,9 x 10 ³	ND	ND	3,3 x 10 ²	ND	ND	4,0 x 10 ³	3,2 x 10 ³	> 0,20µg/kg***
	Grãos (% grãos infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	2	37,3	13,7	> 0,20µg/kg***
Araponga	Casca (UFC/g)	5,6 x 10 ⁶	ND	ND	ND	ND	ND	7,3 x 10 ³	1,6 x 10 ³	> 0,20µg/kg***
	Polpa (UFC/g)	3,8 x 10 ⁵	ND	ND	ND	5,0 x 10 ²	1,0 x 10 ³	3,7 x 10 ³	33,3	> 0,20µg/kg***
	Grãos (% grãos infectados)	ND	ND	ND	ND	2,7	0,7	50,6	2,3	> 0,20µg/kg***
Ervália	Casca (UFC/g)	4,8 x 10 ⁶	ND	ND	2,0 x 10 ³	1,3 x 10 ³	1,6 x 10 ³	3,1 x 10 ⁴	1,1 x 10 ³	> 0,20µg/kg***
	Polpa (UFC/g)	6,8 x 10 ⁶	ND	ND	33,3	1,3 x 10 ²	4,7 x 10 ²	3,3 x 10 ²	7,3 x 10 ²	> 0,20µg/kg***
	Grãos (% grãos infectados)	ND	ND	ND	10	5,7	53,3	13	4,3	> 0,20µg/kg***

* ND: Não detectado

** UFC: Unidade formadora de colônia

*** Limite de detecção do método (BRASIL, 2000)

TABELA 11 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA nos grãos dos cafés cereja e cereja descascado, por região, ao término do processo de secagem– Teste 1

Região	Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)					OTA
			<i>Fusarium</i> sp	<i>A.</i> <i>glaucus</i>	<i>A.</i> <i>ochraceus</i>	<i>Penicillium</i> sp	<i>Cladosporium</i> sp	
Ibituruna	Cereja	Terreiro de cimento	6	2	ND	12	ND	> 0,20µg/kg**
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	2	4	ND	9	1	> 0,20µg/kg**
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	3	2	ND	6	1	> 0,20µg/kg**
		Terreiro suspenso	ND	ND	ND	ND	ND	> 0,20µg/kg**
Coromandel	Cereja	Terreiro de cimento	3	1	ND	2	ND	> 0,20µg/kg**
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	4	ND	ND	1	ND	> 0,20µg/kg**
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	1	ND	ND	1	ND	> 0,20µg/kg**
		Terreiro suspenso	ND	ND	ND	ND	ND	> 0,20µg/kg**
Araponga	Cereja	Terreiro de cimento	5	ND	ND	ND	ND	> 0,20µg/kg**
		Terreiro de cimento e Secador mecânico	2	1	ND	ND	ND	> 0,20µg/kg**
	Cereja descascado	Terreiro de cimento	13	1	ND	3	2	> 0,20µg/kg**
		Terreiro suspenso	2	ND	1	ND	2	> 0,20µg/kg**
Ervália	Cereja descascado	Terreiro suspenso	5	1	ND	ND	2	> 0,20µg/kg**

* ND: Não detectado

** Limite de detecção do método (BRASIL, 2000)

Apesar da presença desta microbiota característica nos cafés, a contagem destes microrganismos variou entre os locais de testes, sendo que nas regiões de Araponga e Ervália observaram-se contagens mais elevadas de leveduras e fungos, na ordem de 10^6 UFC/g de café.

Ao término da secagem (Tabela 11), os fungos do gênero *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp., ainda presentes, não representam problema já que, durante o armazenamento, devido aos valores de A_w abaixo de 0,70 e baixos valores do teor de água (12% b.u.), tais microrganismos não encontram condições favoráveis para sobreviverem, assim como as leveduras. Porém, a presença de fungos da espécie *A. glaucus*, detectado nos grãos de café, nesta fase, mesmo em pequena quantidade, é indesejável por ser uma espécie capaz de se desenvolver em grãos com baixos valores de A_w . O seu crescimento possibilita o crescimento de outros fungos, como *A. ochraceus*, devido ao aumento do teor de água, da A_w e da temperatura da massa de grãos com o decorrer do tempo, principalmente na fase de armazenamento.

Os níveis de OTA detectada nos grãos de café foram inferiores ao nível de detecção do método empregado (0,20 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (BRASIL, 2000). Os valores de A_w , temperatura e presença de inóculo foram desfavoráveis à produção da micotoxina durante a secagem.

Nos resultados observados durante o levantamento da presença de fungos na colheita e no preparo, em cada região, foram detectados fungos nos grãos de café, principalmente *Fusarium* sp., em porcentagens mais elevadas em relação a outras espécies (Tabelas 12 a 15). A porcentagem de grãos infectados por *Aspergillus* sp. e *A. glaucus* foram baixas (1 a 2%). Neste período, as condições intrínsecas do produto e a competição entre os microrganismos presentes favorecem o desenvolvimento dos chamados “fungos de campo” como *Fusarium* sp.. Portanto, a presença de *Aspergillus* sp. e *A. glaucus* nos grãos de café não representa perigo na colheita e preparo do produto, se os valores iniciais do teor de água e de A_w dos cafés forem reduzidos em um curto intervalo de tempo.

TABELA 12 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Ibituruna

Amostras	Porcentagem (%) de grãos infectados							
	<i>A. glaucus</i>		<i>Aspergillus</i> sp		<i>Penicillium</i> sp		<i>Fusarium</i> sp	
	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2
Lavoura/Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	3
Moega/ Secador de bandeja	ND	1	ND	ND	ND	2	2	2
Bóia/ Secador de bandeja	1	ND	1	ND	ND	ND	4	3
Despolpador/ Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	5
Moega/ Terreiro de chão	2	ND	ND	ND	1	ND	ND	2
Bóia/ terreiro de chão	ND	ND	ND	ND	1	1	6	8
Despolpador/Terreiro de chão	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	1
Despolpador/ Terreiro de cimento	2	ND	2	ND	ND	ND	2	1
Despolpador/ Terreiro de cimento e secador	2	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND

* ND: Não detectado

TABELA 13 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Coromandel

Amostras	Porcentagem (%) de grãos infectados									
	<i>A. glaucus</i>		<i>A. ochraceus</i>		<i>Penicillium</i> sp		<i>Fusarium</i> sp		Outros microrganismos	
	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2
Lavoura/Secador de bandeja	ND	1	ND	ND	ND	ND	2	6	ND	ND
Moega/Secador de bandeja	ND	1	ND	ND	ND	ND	3	3	ND	ND
Bóia/ Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	1	8	1	ND	ND
Despolpador/Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6	1	ND	ND
Café seco na lavoura/ Secador de bandeja	2	ND	ND	ND	ND	ND	1	7	1 (<i>Cladosporium</i> sp)	1 (<i>Cladosporium</i> sp)
Varrição/ Secador de bandeja	2	ND	ND	ND	ND	1	5	1	ND	ND
Moega/ Terreiro de chão	1	1	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND
Bóia/ Terreiro de chão	1	ND	ND	ND	ND	ND	5	12	ND	1(Não esporulante)
Bóia/ Terreiro de cimento e secador	2	3	ND	ND	1	ND	1	ND	ND	2 (Não esporulante)
Despolpador/ Terreiro de cimento e secador	ND	2	ND	ND	ND	2	1	5	ND	ND
Resíduo do terreiro	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	7	ND	1 (Não esporulante)

* ND: Não detectado

TABELA 14 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Araponga

Amostras	Porcentagem (%) de grãos infectados									
	<i>A. glaucus</i>		<i>A. ochraceus</i>		<i>Penicillium sp</i>		<i>Fusarium sp</i>		Outros microrganismos	
	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2	Teste 1	Teste 2
Lavoura/Secador de bandeja	8	17	ND	ND	ND	5	ND	ND	ND	ND
Moega/ Secador de bandeja	4	7	ND	ND	ND	2	ND	2	ND	ND
Bóia/Secador de bandeja	ND	3	ND	1	ND	ND	ND	3	1(Não esporulante)	ND
Despolpador/Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1(<i>Cercospora</i>)
Varrição/Secador de bandeja	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	21	ND	1 (<i>Aspergillus sp</i>)
Moega/ Terreiro de chão	4	1	ND	ND	2	ND	4	8	4(Não esporulante)	1(Não esporulante)
Bóia/ Terreiro de chão	4	ND	ND	ND	6	1	8	8	2(Não esporulante)	ND
Despolpador/ Terreiro de cimento e secador	ND	ND	ND	ND	ND	4	1	1	ND	ND
Despolpador/ Terreiro de cimento e secador	1	1	ND	ND	ND	3	ND	1	ND	ND

* ND: Não detectado

TABELA 15 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica na colheita e no preparo do café em Ervália – Teste 1

Amostras	Porcentagem (%) de grãos infectados				
	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>Penicillium sp</i>	<i>Fusarium sp</i>	Outros microrganismos
Lavoura/Secador de bandeja	ND	ND	ND	1	ND
Moega/Secador de bandeja	ND	ND	ND	2	ND
Bóia/Secador de bandeja	ND	ND	1	2	ND
Café cereja/Secador de bandeja	ND	ND	ND	1	ND
Despolpador/Secador de bandeja	ND	ND	ND	1	ND
Café seco na lavoura/Secador de bandeja	ND	ND	ND	1	ND
Varrição/ Secador de bandeja	1	ND	ND	7	1(Não esporulante) 1 (<i>Cercospora</i>)
Moega/Terreiro de chão	x	x	1	x	x

* ND: Não detectado

4.8. Resultados do experimento realizado na região de Viçosa

O experimento, realizado na região de Viçosa na safra de 2007, teve a finalidade de comprovar a influência das características climáticas e das variáveis (teor de água, temperatura e atividade de água do produto) no processamento pós-colheita do café em relação à contaminação e proliferação de fungos nos cafés bóia, cereja e cereja descascado. Neste caso, apenas um teste foi realizado, durante a secagem em terreiro de cimento e o terreiro suspenso e durante o armazenamento dos diferentes tipos de cafés por um período de 200 dias.

É importante ressaltar que, durante todo o experimento, foram adotados procedimentos de BPA e POPH, adaptados à pós-colheita do café, para evitar a influência de fatores externos na contaminação fúngica, na qualidade e segurança do produto.

4.8.1. Características climáticas da região e comportamento dos cafés durante a secagem

Os valores médios da umidade relativa e temperatura do ar ambiente, monitorados entre os meses de junho e julho na região de Viçosa durante o processo de secagem, foram de $60,6 \pm 6,5\%$ e $24,2 \pm 2,8^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os dados completos destas variáveis estão apresentados no Anexo VI.

Quanto às curvas de secagem (Figura 21), os diferentes tipos de cafés secados na região de Viçosa tiveram comportamento semelhante àquele observado para cada tipo de café durante os testes de secagem, principalmente, nas regiões de Ibituruna e Coromandel quanto à rápida redução do teor de água inicial do café até o estágio de meia-seca (30 a 35% b.u.) e ao tempo para se atingir o teor de água igual a 12% b.u..

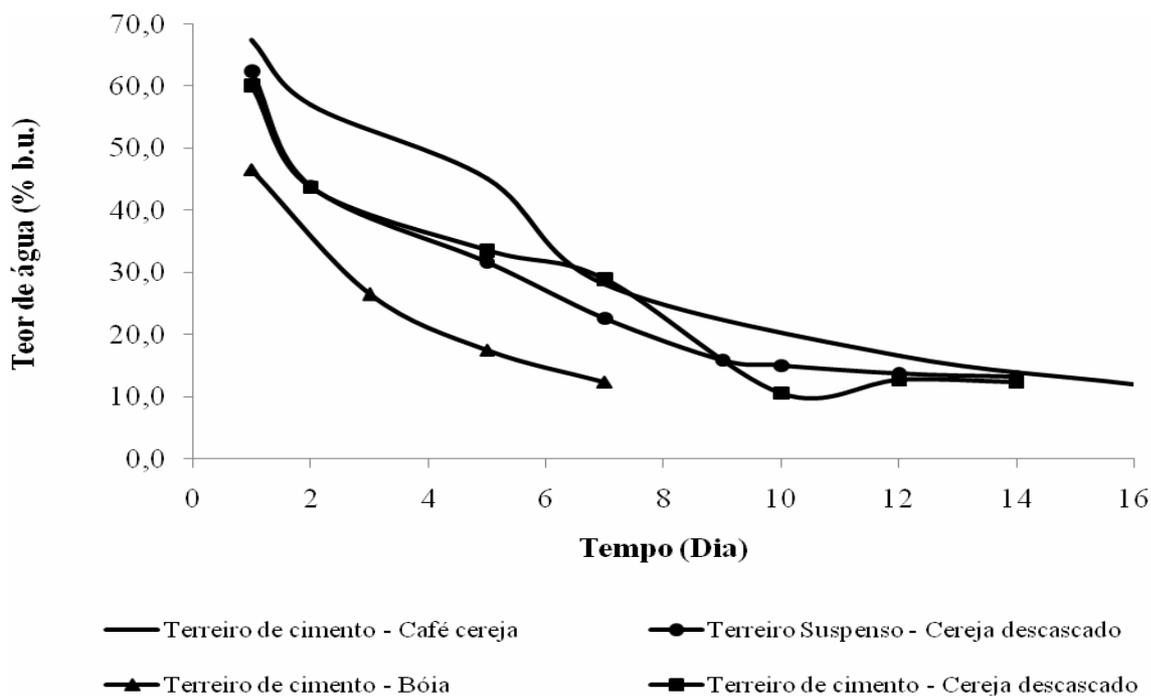


FIGURA 21 - Curva de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa

Os resultados permitiram afirmar que, nos períodos estudados, os fatores climáticos, as condições ambientais e a localização dos terreiros favoreceram o processo de secagem, realizado em terreiro de cimento e terreiro suspenso na região de Viçosa conforme observado na Figura 21.

Porém, como as características do clima numa região podem ser extremamente variáveis, é aconselhável a adoção de tecnologias que possibilitem a menor exposição do produto às condições ambientais e a menor dependência destes fatores para a realização da secagem completa do café. Desta forma, é possível garantir um produto de melhor qualidade e um padrão de bebida mais uniforme.

4.8.2. Comportamento da atividade de água e da temperatura dos cafés durante a secagem

Os resultados do monitoramento contínuo da atividade de água e da temperatura do produto no decorrer do processo de secagem dos diferentes tipos de cafés são mostrados nas Figuras 22 e 23, respectivamente.

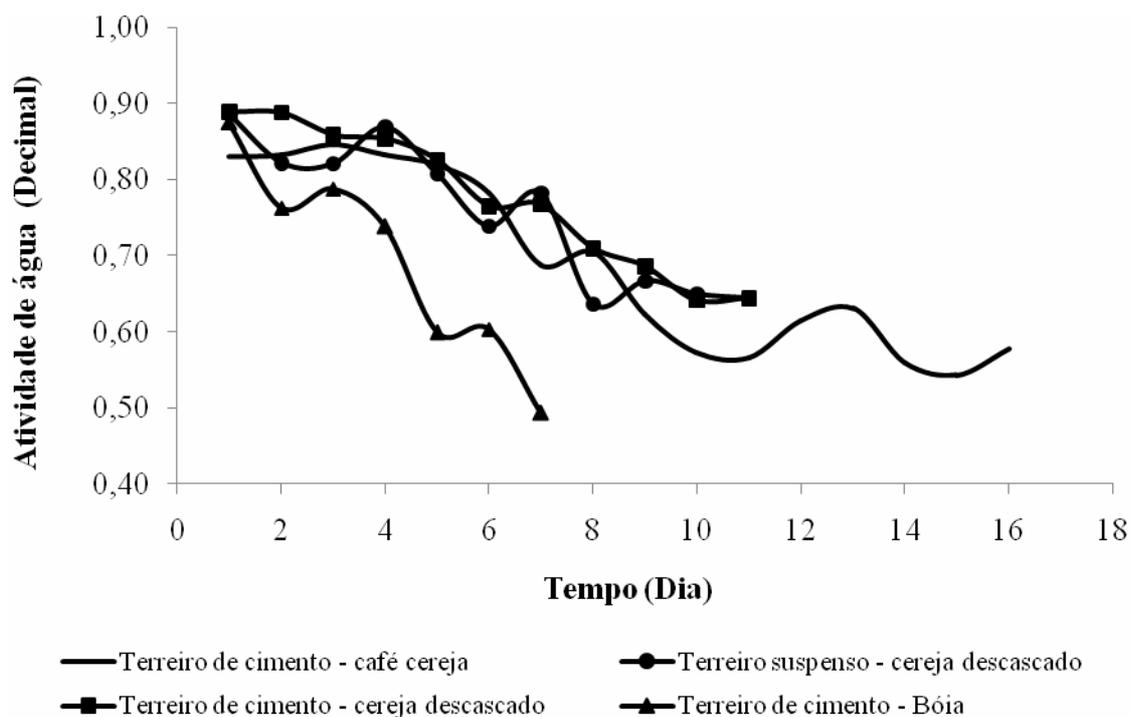


FIGURA 22 - Valores da atividade de água dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa

Variações no tempo de redução da A_w a valores inferiores a 0,70 foi observado em função do tipo de café e do método de secagem empregado, assemelhando-se ao comportamento observado para as demais regiões (Ibituruna, Coromandel, Araçuaia e Ervália) estudadas anteriormente (Figura 22). Nesta região, em geral, para os diferentes tipos de cafés a A_w atingiu valores inferiores a 0,70 depois do 7º dia de secagem, se assemelhando às condições obtidas em Coromandel.

Em relação à temperatura do produto, pode-se observar comportamento semelhante àqueles observados em Ibituruna, Araçuaia e Ervália (Figura 23).

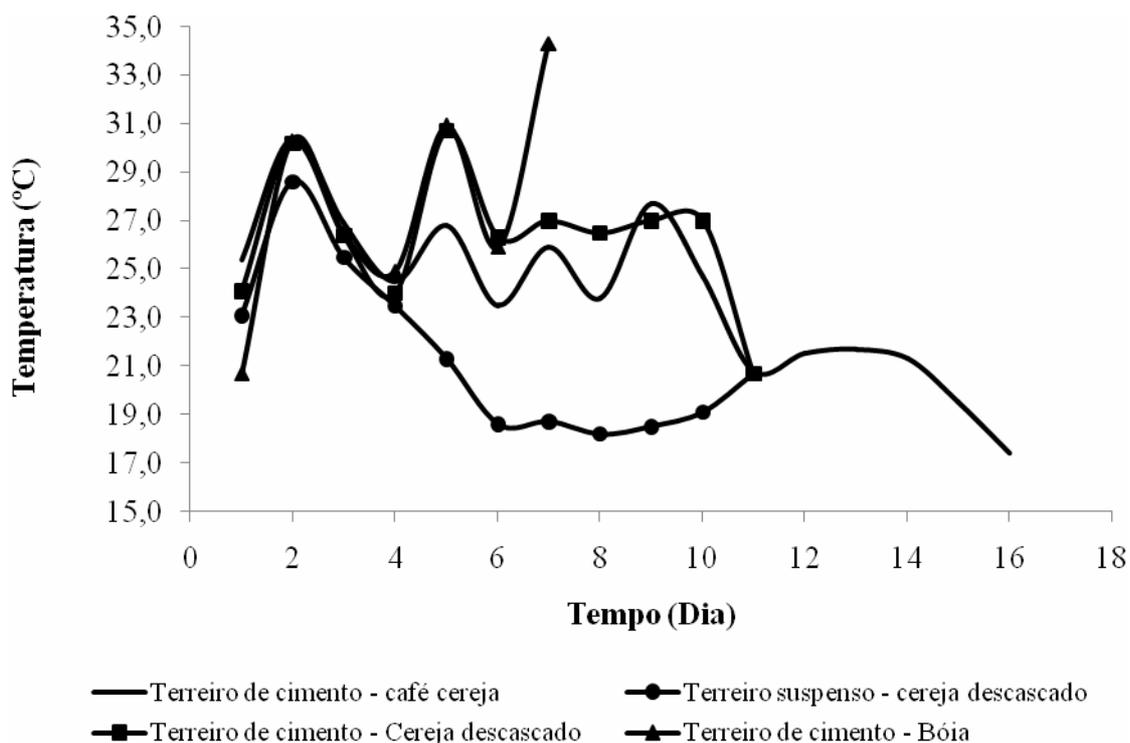


FIGURA 23 - Valores da temperatura na massa de grãos dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o processo de secagem na região de Viçosa

Em média, os valores de temperatura foram de $23,9 \pm 3,3$ °C para o café cereja secado em terreiro de cimento, $21,4 \pm 3,4$ °C para o café cereja descascado secado em terreiro suspenso, $26,4 \pm 2,8$ °C para o café cereja descascado secado em terreiro de cimento e $28,8 \pm 3,6$ °C para o café bóia secado em terreiro de cimento. Neste período, a temperatura média do ar ambiente foi de $24,0 \pm 2,8$ °C.

4.8.3. Dados da contaminação fúngica do café na colheita, preparo e secagem do café

Os dados sobre a contaminação fúngica nas amostras de café cereja e bóia coletadas na saída do lavador, antes de iniciar o processo de secagem, estão nas Tabelas 16, 17 e 18.

TABELA 16 - Resultados da contaminação fúngica dos cafés cereja, cereja descascado e bóia no início da secagem

Tipo de café	Amostra	Contagem de microrganismos					
		Levedura	<i>A. ochraceus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.
Cereja	Casca e polpa (UFC/g)	3,2 x 10 ³	ND	8,5 x 10 ³	ND	4,6 x 10 ³	ND
	Grãos infectados (%) com pergaminho	ND	2	ND	ND	12	ND
	Grãos infectados (%) sem pergaminho	ND	ND	ND	ND	8	ND
Cereja descascado	Casca e polpa (UFC/g)	3,6 x 10 ⁴	ND	ND	ND	3,6 x 10 ³	ND
	Grãos infectados (%) com pergaminho	ND	ND	ND	ND	7	ND
	Grãos infectados (%) sem pergaminho	ND	ND	ND	ND	1	ND
Bóia	Casca (UFC/g)	1,5 x 10 ⁶	ND	2,3 x 10 ⁵	ND	8,7 x 10 ⁶	3,0 x 10 ⁵
	Polpa (UFC/g)	1,0 x 10 ⁸	ND	ND	ND	4,5 x 10 ⁷	ND
	Grãos infectados (%) com pergaminho	ND	ND	ND	3	70	ND
	Grãos infectados (%) sem pergaminho	ND	ND	ND	2	36	ND

* ND: Não detectado

** UFC: Unidade formadora de colônias

TABELA 17 - Resultados da contaminação fúngica nos grãos de cafés cereja, cereja descascado e bóia ao término da secagem

Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)		
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>
Cereja	Terreiro de cimento	22	1	ND
Cereja descascado	Terreiro de cimento	31	4	ND
	Terreiro suspenso	5	4	ND
Bóia	Terreiro de cimento	23	1	ND

* ND: Não detectado

TABELA 18 - Resultados do levantamento da contaminação fúngica do café na colheita e preparo

Amostra	Porcentagem (%) de grãos infectados		
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>A. ochraceus</i>	<i>Penicillium</i> sp.
Lavoura (Grãos com pergaminho)	6	ND	ND
Lavoura (Grãos sem pergaminho)	5	ND	ND
Moega (Grãos com pergaminho)	56	2	ND
Moega (Grãos sem pergaminho)	12	2	ND
Separador (Bóia) – (Grãos com pergaminho)	70	ND	2
Separador (Bóia) – (Grãos sem pergaminho)	36	ND	3
Despolpador (Grãos com pergaminho)	8,6	0,7	ND
Despolpador (Grãos sem pergaminho)	3,3	0,7	ND
Chão da lavoura (Grãos com pergaminho)	0	ND	ND
Chão da lavoura (Grãos sem pergaminho)	56	1	2

* ND: Não detectado

De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que quanto aos gêneros e espécies de microrganismos detectados logo depois da colheita, no preparo, no início e no término da secagem, a contaminação fúngica na região de Viçosa se assemelha àquelas observadas nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália (Tabelas 10 a 15). O café apresentou uma microbiota típica em todas as regiões durante a secagem, constituída por leveduras e fungos do gênero *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp.. Baixas populações de espécies de *Aspergillus* sp., principalmente *A. glaucus* foram detectadas no casca e polpa dos cafés analisados, assim com as porcentagens de grãos infectados.

4.8.4. Características ambientais e comportamento das variáveis durante o armazenamento

Segundo Bucheli & Taniwaki (2002), o teor de água de 10-12% b.u. na massa de café e umidade relativa do ar ambiente entre 50 e 70% são apropriadas para armazenagem segura, sem perda da qualidade.

Os valores médios da umidade relativa e temperatura do ar ambiente, durante os 200 dias de armazenamento, foram $57,5 \pm 10,5\%$ e $25,1 \pm 3,4$ °C, respectivamente, indicando que as condições do local de armazenamento dos cafés durante o experimento foram adequadas.

Nas Figuras 24 e 25 estão os resultados da atividade de água e da temperatura da massa de grãos observados, respectivamente, durante o armazenamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia.

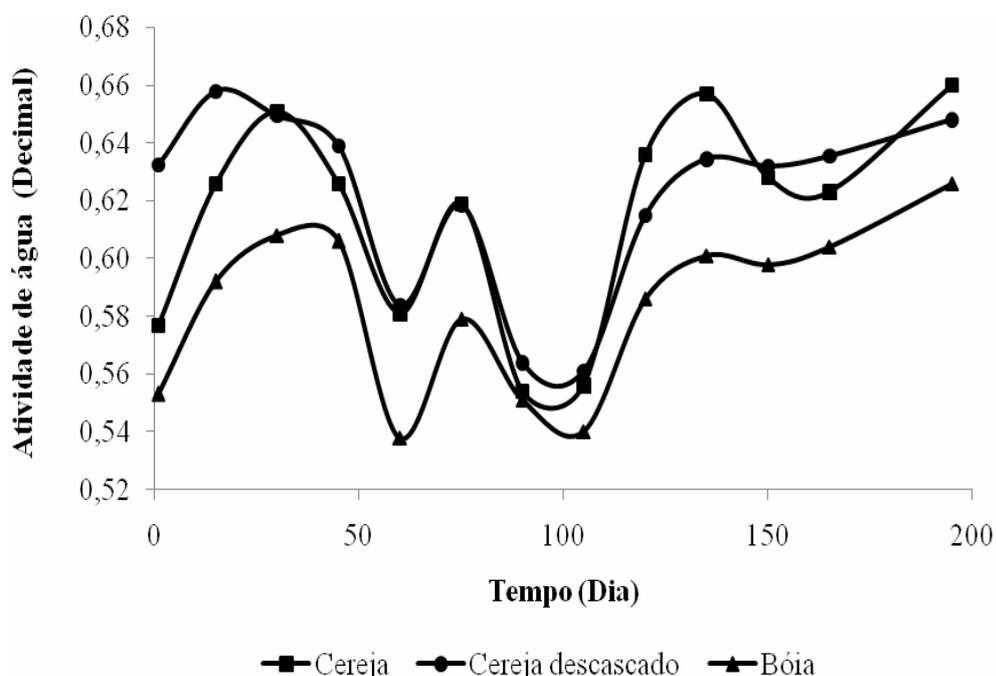


FIGURA 24 - Valores da atividade de água dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o armazenamento na região de Viçosa

Pode-se observar que os valores de A_w variaram durante todo o período de armazenamento, porém não atingiram valores superiores a 0,70, sendo os valores médios de $0,61 \pm 0,03$ para café cereja, $0,62 \pm 0,03$ para cereja descascado e $0,58 \pm 0,03$ para bóia. Apesar de tais valores corresponderem àqueles considerados para um armazenamento seguro, a presença de inóculos nos grãos, principalmente de fungos do gênero *Aspergillus* sp., e, caso as condições intrínsecas do produto se tornem favoráveis ao desenvolvimento destes microrganismos, pode ocorrer a colonização destes grãos durante o armazenamento prolongado do café. O monitoramento constante do teor de água dos grãos e da umidade relativa e temperatura do ar ambiente de armazenamento são essenciais para que medidas preventivas possam ser adotadas para evitar a proliferação destes microrganismos.

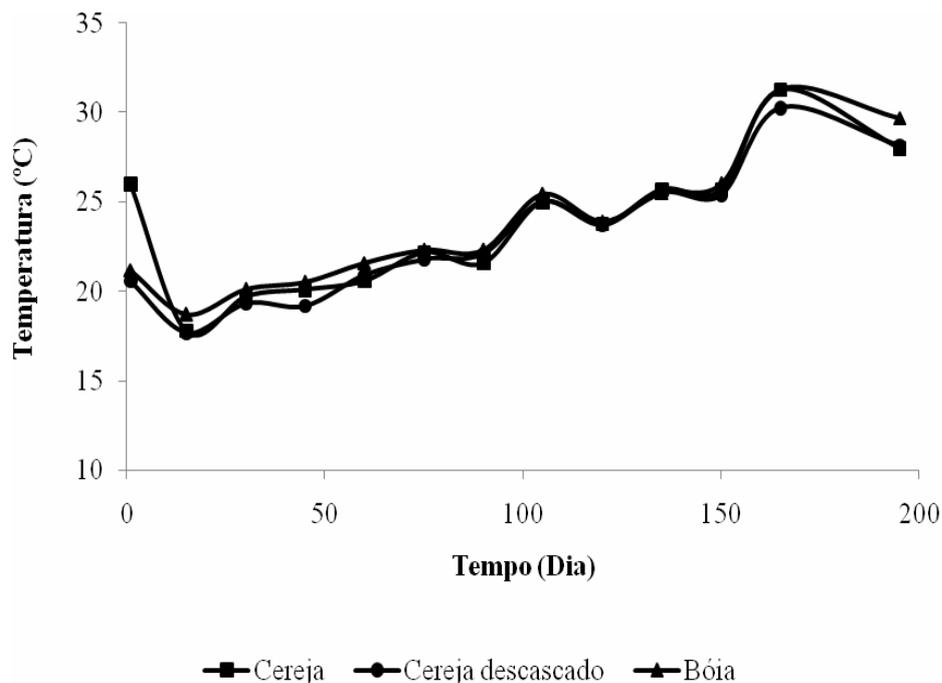


FIGURA 25 - Valores da temperatura na massa de grãos dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante armazenamento na região de Viçosa

Os valores da temperatura do produto permaneceram próximos aos valores da temperatura ambiente durante os 200 dias de armazenamento, indicando que não houve geração excessiva de calor pela atividade metabólica dos grãos e de microrganismos presentes nos cafés. Em média, a temperatura neste período foi de $23,6 \pm 3,8$ °C para o café cereja, $23,1 \pm 3,7$ °C para o café cereja descascado e $23,7 \pm 3,7$ °C para o café bóia, sendo que a temperatura ambiente média foi de $25,1 \pm 3,4$ °C.

O monitoramento do teor de água do café durante esta etapa é a forma mais empregada para garantir a preservação da qualidade e segurança do café, evitando a deterioração dos grãos e a proliferação de microrganismos no produto.

Em geral, quando são observados aumentos significativos deste teor de água (valores acima de 13% b.u.), medidas como a aeração da massa de grãos, são empregadas para que os valores sejam mantidos em níveis seguros.

Os valores do teor de água do café cereja, cereja descascado e bóia, estão apresentados na Figura 26.

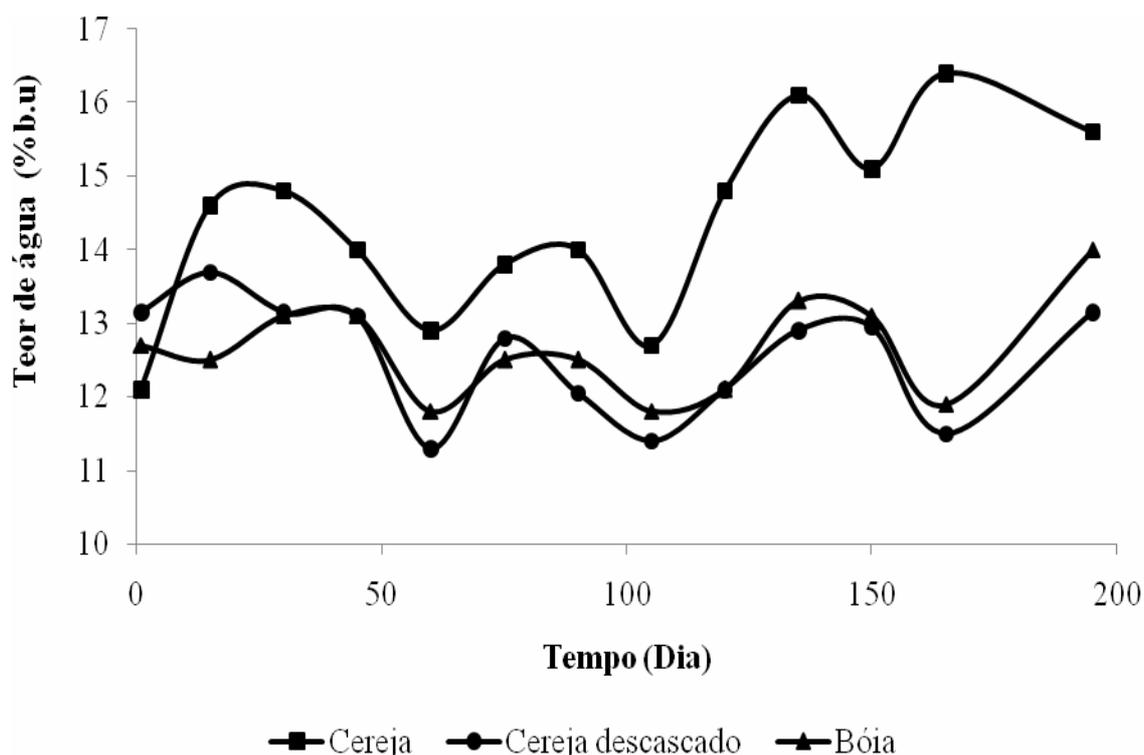


FIGURA 26 - Valores do teor de água da massa de grãos dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o armazenamento na região de Viçosa

Aumento do teor de água para valores acima de 12% b.u, principalmente do café cereja, foi observado na fase inicial de armazenamento, atingindo os valores de 14,8 % no 30º dia. Para que o teor de água retornasse aos valores abaixo de 12% b.u., estes cafés foram expostos ao sol por um dia e novamente armazenados.

Depois de 105 dias verificou-se nova reumidificação da massa de grãos, principalmente do café cereja que atingiu teor de água de até 16,1% b.u. após 135 dias de armazenamento. A medida anterior não foi repetida com o objetivo de se verificar a relação entre o aumento do teor de água dos cafés e a proliferação dos microrganismos presentes, bem com a produção de OTA por fungos da espécie *A. ochraceus* em condições reais de processamento.

Os valores médios do teor de água dos cafés cereja, cereja descascado e bóia durante o armazenamento foram de $14,4 \pm 2,7\%$ b.u., $12,6 \pm 0,8$ b.u. e $12,6 \pm 0,7$ b.u. respectivamente.

4.8.5. Resultados da contaminação fúngica do café durante o armazenamento

Para verificar a contaminação, nas partes internas e externas dos grãos de café foram realizadas análises da contaminação fúngica com e sem esterilização superficial desses grãos (Tabela 19).

De acordo com os dados da Tabela 19, para os resultados das análises sem esterilização superficial dos grãos, observou-se a presença de fungos da espécie *A. glaucus* desde o 45º dia de armazenamento. Estes fungos são capazes de sobreviver e proliferar em valores de Aw muito baixas, sendo que o seu crescimento possibilita o desenvolvimento de outros fungos, devido ao aumento do teor de água, da atividade de água e da temperatura da massa de grãos com o decorrer do tempo. Este fato pode ser verificado ao se observar a maior presença de fungos das espécies *A. restrictus*, *A. terreus* e *A. ochraceus* a partir do 75º dia de armazenamento na superfície dos grãos.

Apesar dos resultados da análise, após esterilização superficial indicar uma diminuição significativa na porcentagem de grãos infectados internamente, a presença destes fungos na superfície destes grãos torna possível a colonização interna. Assim, se a atividade de água aumentar acima de 0,70 poderá ocorrer a colonização interna dos grãos pelos fungos presentes e para a espécie *A. ochraceus*, caso a Aw atinja valores acima de 0,80, aumenta-se o risco de produção de OTA.

TABELA 19 - Resultados da contaminação fúngica dos grãos de café cereja, cereja descascado e bóia, provenientes da região de Viçosa, durante o armazenamento

Tempo (Dias)	Tipo de café	Porcentagem (%) de grãos infectados															
		<i>A. restrictus</i>		<i>A. terreus</i>		<i>A. glaucus</i>		<i>A. flavus</i>		<i>A. niger</i>		<i>A. ochraceus</i>		<i>Fusarium/Acrinomonium</i>		<i>Fusarium</i> sp	
		S*	C*	S*	C*	S*	C*	S*	C*	S*	C*	S*	C*	S*	C*	S*	C*
1	Cereja	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	22	ND
	Cereja descascado	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18	ND
	Bóia	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	ND	23	ND
45	Cereja	ND	ND	ND	ND	x	ND	ND	ND	ND	ND	10	ND	90	21	ND	ND
	Cereja descascado	ND	ND	ND	ND	10	ND	1	ND	7,5	0,5	19	ND	13	4	ND	ND
	Bóia	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	11	ND	15	ND	62	ND	ND	ND
75	Cereja	1	ND	28	1	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	12	0,5	3,5	0,5	3	0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Bóia	3	ND	4	ND	1	ND	ND	ND	ND	2	6	ND	ND	ND	ND	ND
120	Cereja	1	ND	18	1	2	1	ND	ND	ND	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	22	ND	4	ND	19,5	0,5	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Bóia	7	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14	ND	ND	ND	ND	ND
150	Cereja	0	ND	14	ND	15	1	ND	ND	ND	ND	9	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	13	ND	3	ND	23,5	ND	ND	ND	ND	ND	8	ND	ND	ND	ND	ND
	Bóia	7	ND	2	ND	22	ND	ND	ND	ND	ND	7	ND	ND	ND	ND	ND
180	Cereja	1	ND	18	1	2	1	ND	ND	ND	ND	11	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	22	ND	4	ND	19,5	0,5	4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Bóia	7	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14	ND	ND	ND	ND	ND
195	Cereja	ND	ND	10	ND	15	ND	ND	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	11,5	ND	6,5	ND	28,5	1,5	7	3,5	7	ND	13,5	1	ND	ND	ND	ND
	Bóia	ND	ND	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19	1	ND	ND	ND	ND
200	Cereja	10	ND	42	ND	23	ND	11	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	ND	ND
	Cereja descascado	29	ND	11	ND	21	ND	ND	ND	ND	ND	8,5	ND	ND	ND	ND	ND
	Bóia	ND	1	3	ND	15	ND	ND	ND	ND	ND	25	1	ND	ND	ND	ND

* Métodos de análise sem esterilização (S) e com esterilização (C) superficial dos grãos

** ND: Não detectado

Os valores de A_w não foram superiores a 0,68 (Figura 24) e, portanto, o risco da colonização e, principalmente de produção de OTA, foram pequenos durante o período de 200 dias de armazenamento. Porém, os resultados da análise, realizada a partir do 125º dia de armazenamento, demonstraram que há tendência de aumento na população de fungos do gênero *Aspegillus* sp., principalmente devido ao reumidecimento da massa de grãos. Ao final do período de armazenamento considerado, os cafés apresentaram teor de água de 14% b.u para o bóia, 15,5% b.u. para o café cereja e 14% b.u. para o cereja descascado. Para a A_w , os valores foram 0,67, 0,64 e 0,66 para o bóia, cereja e cereja descascado, respectivamente.

Pelos resultados (16 a 18), observou-se a presença de microrganismos mesmo que a secagem tenha sido realizada seguindo corretamente os procedimentos de BPA e POPH aplicados ao processamento pós-colheita do café.

O ideal é que sejam adotadas medidas preventivas, como o monitoramento da umidade e temperatura do ar ambiente e do teor de água e A_w da massa de grãos, com o objetivo de evitar condições favoráveis à colonização dos grãos por fungos, principalmente durante a secagem e armazenamento do produto.

5.0. CONCLUSÃO

- O café apresentou uma microbiota típica com predominância, principalmente, de leveduras e fungos do gênero *Fusarium* sp. na colheita, preparo e início da secagem, independentemente, da região e do tipo de café. Ao término da secagem, a contaminação fúngica dos grãos de café foi baixa, sendo detectados *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. *A. glaucus*. A presença de *A. ochraceus* não foi detectada na maioria dos cafés analisados.
- Durante os armazenamento, houve tendência de aumento da contaminação superficial dos grãos por fungos do gênero *Aspergillus* sp. quanto maior o tempo de armazenamento dos grãos.
- O método de secagem em terreiro de cimento nas regiões de Araponga e Ervália não foram adequados para a redução da Aw a valores inferiores a 0,70, que são considerados seguros para a prevenção da proliferação de microrganismos nos grãos.

CAPÍTULO 2

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO APPCC NO PROCESSAMENTO PÓS-COLHEITA DO CAFÉ

1.0. INTRODUÇÃO

Para a prevenção da proliferação de microrganismos, principalmente de fungos produtores de ocratoxina A (OTA) no café, uma alternativa encontrada pela Comunidade Européia e pela Organização Internacional do Café (OIC) foi a elaboração de um “Guia para a prevenção da formação de fungos em café”. Este guia foi parte de um projeto desenvolvido pela OIC/FAO/CFC denominado “Melhoria da qualidade do café por meio da prevenção da formação de fungos”, na qual fizeram parte instituições, profissionais capacitados e órgãos de diversos países produtores e exportadores de café, buscando a disponibilização de ferramentas para a garantia da segurança e qualidade do café em relação à contaminação por OTA.

O sistema de garantia de qualidade APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) foi indicado como uma ferramenta adequada para se determinar os pontos críticos de controle do processamento pós-colheita do café, relacionados à contaminação por OTA.

Este sistema apresenta embasamento científico e deve ser construído sobre um programa sólido de pré-requisitos como boas práticas agrícolas (BPA), boas práticas de fabricação (BPF) e procedimentos operacionais padrões de higienização (POPH) que envolvem conceitos de higiene, treinamento de funcionários, controle do ambiente de produção, além de etapas e procedimentos que controlam as condições operacionais durante o processamento. Na avaliação do sistema APPCC, devem-se considerar todos os perigos associados a ingredientes, matéria-prima, práticas de produção e processo, bem como estocagem, distribuição, comercialização do produto, dentre outras etapas. Os controles e monitoramentos necessários para prevenir, eliminar ou reduzir, em níveis seguros, os perigos relevantes para a segurança do alimento devem ser identificados e implementados (SBCTA, 1995).

Neste trabalho, utilizaram-se os princípios do sistema APPCC como ferramenta para melhoria da segurança e qualidade do café de regiões produtoras de Minas Gerais na colheita e pós-colheita, visando garantir a prevenção da proliferação de fungos, principalmente da espécie *Aspergillus ochraceus* e a produção de OTA em grãos de cafés destinados à exportação para países da Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos e ao mercado interno.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Identificação de perigos e determinação de pontos críticos de controle

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

Segundo Corrêa & Silva (2002) no café, a ocratoxina A (OTA) é um dos perigos mais importantes por ser considerada cancerígena, representando um dos fatores limitantes em relação à segurança deste produto.

Os pontos críticos de controle (PCC) são definidos como as etapas do processo onde se aplicam medidas preventivas de controle com o objetivo de eliminar, prevenir ou reduzir, a níveis aceitáveis, os perigos que possam causar danos à saúde do consumidor. Exemplos de PCC's podem incluir etapas como a pasteurização onde são controlados o tempo e temperatura de processamento do produto e etapas onde se realizam testes para resíduos químicos ou para detecção de metais contaminantes e controle de formulação do produto. A determinação dos PCC's pode ser realizada por meio do emprego da árvore decisória (Anexo VII), definida como uma seqüência de perguntas para determinar se uma matéria-prima ou etapa do processo constitui, na realidade, um PCC (FAO, 2001; NACMCF, 1998; SBCTA, 1995).

É importante ressaltar que a determinação destas etapas deve ser baseada numa análise de perigos previamente realizada para que os PCC's identificados sejam utilizados somente para propósitos de segurança do produto. Além da análise de perigos, são importantes:

- Descrição do produto, seus ingredientes e forma de uso: nesta etapa, define-se o problema pelos tipos de perigos potenciais, pela análise das características do produto como matérias-primas e ingredientes utilizados, assim como variáveis que podem influenciar na segurança do produto; variáveis do processo e da embalagem que possam favorecer a ocorrência de perigos no produto final; condições de tempo, temperatura e manuseio do produto durante o armazenamento e transporte;

- Elaboração do fluxograma de processo detalhado: O objetivo do fluxograma é fornecer uma descrição clara e simples das etapas envolvidas no processo, englobando todas as etapas do processamento. Nesta descrição, deve conter informações tais como ingredientes, etapas, condições do processo, contaminação biológica, química ou física, inativação de nutrientes e formação de substâncias inaceitáveis. A identificação dos perigos potenciais é realizada por meio da avaliação de todos os ingredientes e etapas do processo, sendo que tais perigos podem ser de natureza (SBCTA, 1995):
 - Biológica: microrganismos patogênicos ou produtores de toxina (*Salmonella* sp., *Clostridium botulinum*);
 - Química: resíduos inorgânicos ou orgânicos (sais de Hg e Pb, praguicidas, hormônios, antibióticos);
 - Física: materiais estranhos nocivos à saúde do consumidor (metal, vidro, insetos/parte de insetos, fragmentos de madeira, fragmentos sólidos).

No estudo realizado por Olsen *et. al.* (2003), sobre prevenção do desenvolvimento de microrganismos produtores de ocratoxina A em cereais e sua relação com a presença de OTA nestes grãos, cuja formação foi relacionada à presença de *Penicillium verrucosum* em trigo e cevada, os seguintes aspectos foram considerados para a determinação dos PCC's:

a) Quais os fungos produtores de OTA e quais as fontes de inóculos?

Nesta etapa, foram analisadas 93 amostras de cereais, listados conforme origem, tipo e ano de colheita.

b) Diferenças entre as várias espécies de cereais, clima, métodos de cultivo e tipo de lavoura. Nesta etapa, foi aplicado um questionário relacionado a aspectos de plantio, colheita, secagem e armazenamento dos grãos com especial referência a produção de OTA em várias propriedades produtoras de trigo e cevada.

c) Especificação dos limites críticos e estabelecimento das medidas preventivas para prevenção da produção de OTA. Nesta etapa, foram avaliados os fatores ambientais e a influência do tempo no crescimento de fungos, modelos de colonização e produção de OTA.

Foram utilizadas as safras de 2000-2001 e 2001-2002, registrando-se a temperatura dos grãos e a umidade relativa e temperatura do ambiente do armazém. Amostragem dos grãos, para análise da microflora fúngica, detecção de OTA, teor de água e atividade de água dos grãos foram realizadas do início ao fim do período de armazenamento. Um modelo matemático foi utilizado para descrever o risco de condensação da água no topo do silo durante este período. A reumidificação da massa de grãos foi considerada crítica para o desenvolvimento de fungos e formação de OTA, definindo-se o armazenamento dos grãos em silos como PCC.

A atividade de água e a temperatura foram consideradas como, provavelmente, os dois fatores abióticos mais importantes para o crescimento de fungos e produção de OTA. Estes fatores interagiram entre si e determinaram os tipos de microrganismos que podem colonizar um dado substrato, como e quanto podem se desenvolver num determinado período.

1.1.2. Os princípios do sistema APPCC aplicados ao processamento pós-colheita do café

Os programas de segurança dos alimentos utilizam, freqüentemente, informações sobre os fatores relacionados à contaminação de determinado produto por microrganismos ou outros agentes tóxicos para estabelecer procedimentos de controle e medidas preventivas, buscando proteger o consumidor de possíveis efeitos nocivos decorrentes da ingestão deste produto.

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

Em relação ao café e seus derivados, a OTA foi identificada como um perigo associado ao consumo destes produtos.

A ocratoxina A é um metabólito secundário produzido por fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* (*A. ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. niger* e *P. verrucosum*). Espécies de *Penicillium* são fontes primárias de OTA em cereais estocados em climas temperados da Europa e América do Norte, enquanto cepas de *Aspergillus* são

freqüentemente isoladas em regiões de clima tropical (FAO, 2001). Por ser considerada potencialmente carcinogênica em humanos e por ter sido detectada em diversos *commodities* como trigo, soja, cevada, centeio e café e em produtos de origem animal proveniente, principalmente, de aves e suínos alimentados com ração contaminada, a utilização do sistema APPCC para identificação de possíveis pontos críticos de controle durante a colheita e processamento pós-colheita destes produtos tem sido sugerida por órgãos ligados à saúde pública.

No desenvolvimento do plano APPCC, sete princípios são empregados: Identificação e análise dos perigos potenciais; Identificação dos pontos críticos de controle; Definição dos limites críticos; Definição dos procedimentos de monitoramento; Definição das ações corretivas; Estabelecimento dos procedimentos de verificação; Estabelecimento dos procedimentos efetivos de registros e documentação.

Apesar da sua maior aplicação em indústrias do setor de alimentos, tal sistema vem sendo aplicado em todos os segmentos da cadeia produtiva, desde a fazenda até o consumidor final, sendo que em países desenvolvidos, a sua aplicação já ocorre na produção primária. Apesar de ser um sistema efetivo, eficaz e uma referência para as exigências internacionais de garantia de segurança dos alimentos é um sistema complexo e caro, exigindo um grau elevado de investimentos e recursos financeiros, operacionais e humanos para sua implementação e manutenção.

Segundo Olsen *et. al.* (2003), a aplicação do APPCC na cadeia produtiva de cereais indica que a secagem rápida dos grãos depois da colheita é o fator mais importante para prevenir o crescimento de fungos e formação de micotoxinas durante as etapas subseqüentes. Sistemas de monitoramento para garantir que os grãos sejam secados rapidamente até níveis seguros de teor de água, juntamente com uma inspeção regular e o monitoramento do teor de água dos grãos deverão eliminar o risco de formação de OTA durante o armazenamento. Em adição, em acordo com as BPA tem-se a produção de grãos com melhor qualidade.

A utilização do sistema APPCC, pelo setor cafeeiro, depende de um completo entendimento do sistema de produção, mediante o estabelecimento de um modelo prévio, que requer o amplo conhecimento dos métodos e parâmetros do processamento, aspectos biológicos e as interações entre os diversos componentes do sistema. Para atingir tais objetivos, os segmentos envolvidos no agronegócio do café, juntamente com a FAO e a OIC vêm investindo, nos últimos cinco anos, cerca de 6 bilhões de dólares

em projetos de melhoria da qualidade do café, enfocando sobretudo a redução dos índices de contaminação por OTA, que é um grande desafio a ser vencido pelos países produtores (PARIZZI, 2005).

Para se utilizar os princípios do sistema APPCC para melhoria do processamento pós-colheita do café, além de dados científicos sobre as várias etapas de produção e processamento para se avaliar a existência do perigo da presença de OTA nos grãos, são necessários a identificação de quais etapas e quais variáveis do processo devam ser controlados para se prevenir a ocorrência do perigo identificado.

Outro aspecto a ser considerado é a variação dos procedimentos empregados no processamento pós-colheita do café, principalmente em relação às etapas de preparo, secagem e armazenamento do produto. Assim como, as diferentes características geográficas e as condições ambientais das diversas regiões produtoras de café do país, já que variáveis como teor de água do produto, temperatura e umidade relativa do ar ambiente podem interferir na incidência de determinadas espécies de fungos nos grãos de café.

1.1.3. Aspectos tecnológicos da colheita e processamento pós-colheita do café

A formação de OTA nos substratos secos (grãos, frutas secas e nozes) geralmente ocorre em pós-colheita durante o condicionamento para armazenamento seguro. Quanto mais longa esta fase mais chance há para o crescimento dos fungos e produção de OTA (DHINGRA, 2004).

A seguir serão feitas algumas considerações sobre as etapas envolvidas no pré-processamento e processamento pós-colheita, bem como dos procedimentos adotados da colheita ao beneficiamento do café, importantes para a definição dos possíveis perigos associados ao produto e, conseqüentemente, na identificação dos PCC's.

A) Colheita

A colheita deve ser iniciada quando os frutos estão maduros, no estágio denominado "cereja". O amadurecimento dos frutos se dá normalmente entre abril e maio e sua homogeneidade depende do número de floradas, da variedade, da temperatura ambiente e do espaçamento adotado.

- Colheita manual: Este tipo de colheita pode ser realizado por:

- Derrição no chão: o café é derrubado no chão, recolhido e abanado. Neste caso, há grande presença de impurezas como paus, folhas, torrões, pedras;
- Derrição sobre pano: os frutos são derrubados num pano ou plástico colocado sob o cafeeiro, evitando contato com a terra e diminuindo a presença de impurezas, a mistura com os grãos caídos no chão e a contaminação por microrganismos;
- Colheita a dedo: os frutos são colhidos um a um e colocados em cestos. Permite colher somente os frutos maduros, possibilitando melhor qualidade do café colhido, praticamente sem impureza.

- Colheita mecânica: O café é colhido com o uso de máquinas colheitadeiras, sendo mais utilizada em regiões planas. Há modelos de sistema costal que podem ser utilizados em regiões montanhosas, fazendo-se a derrição do café sobre pano no estágio de cereja.

Segundo Rigueira (2005), no Brasil o café é colhido durante os meses secos de inverno, principalmente entre maio e agosto. Assim, a colheita inicia-se quando a maior parte dos frutos está madura (cerca de 90%) e antes que os frutos comecem a cair.

A contaminação dos frutos nas plantas pode ocorrer devido à presença de esporos no ar, penetrando nos grãos por meio de lesões mecânicas, físicas (sol, chuva de granizo), outros microrganismos (*Cerrospora coffeicola*, *Phoma* sp.) ou causados por insetos (Broca-do-café) e ácaros (CHALFOUN & CORRÊA, 1999). Segundo Bucheli & Taniwaki (2002), a contaminação por fungo produtor de OTA e formação da micotoxina pode ocorrer na árvore, durante a maturação ou desenvolvimento do grão.

No Brasil, em virtude do método de colheita empregado, o café é constituído de uma mistura de frutos verdes, maduros (cereja e verdoengos), passas e secos, folhas, ramos, torrões e pedras, devendo ser limpo e separado nas suas diversas frações para que possam ser secados separadamente (SILVA *et al.*, 2001).

B) Separação e lavagem

Depois de colhido, o café deve ser submetido imediatamente ao processo de separação de impurezas por peneiramento manual, ventilação forçada ou por separadores de ar e peneira (máquinas de pré-limpeza).

Mesmo com a retirada das impurezas (paus, pedras, terras, folhas), o café deve passar pelo separador hidráulico para a separação dos frutos de acordo com o estágio de maturação em cafés bóias (secos, brocados e mal formados) e frutos perfeitos ou cerejas (maduros e verdoengos).

A lavagem ou separação é importante para manter o potencial de qualidade do café recém-colhido e reduzir o desgaste das máquinas durante o descascamento, secagem e beneficiamento, evitando-se a contaminação por brocado e possibilitando a homogeneidade na secagem e na coloração dos grãos.

C) Preparo ou pré-processamento do café

Depois da separação de impurezas e lavagem, o café segue para o pré-processamento que pode ser realizado por via seca ou via úmida.

No preparo por via seca os frutos maduros e verdoengos são secados integralmente sem a retirada da casca, dando origem ao café coco, café de terreiro, natural ou cereja. O fruto é colocado para secar em locais planos, denominados terreiros, podendo ser realizada também, em pré-secadores ou em secadores mecânicos (ORMOND *et al.*, 1999).

No preparo por via úmida, o café antes da secagem é submetido às operações de descascamento, lavagem e degomagem ou retirada de parte da mucilagem. Dá origem aos cafés descascados e despulpados.

O despulpamento por processo fermentativo consiste na retirada da casca do fruto maduro por meio de descascador mecânico e posterior fermentação da mucilagem seguida da lavagem dos grãos. O café colhido é colocado em tanques com água onde permanecem por um período de 18 a 24 horas, sendo adicionado em alguns casos produtos químicos para facilitar a eliminação da polpa (mucilagem) que contém açúcar. No despulpamento mecânico são empregados equipamentos denominados degomadores ou despulpadores mecânicos, como o de discos e o de cilindro com mamilos.

A operação para obtenção do café descascado difere do anterior porque o café não passa pelo processo de fermentação para a retirada da mucilagem. A lavagem é

utilizada para a eliminação das impurezas e separação do café b6ia do cereja. Depois da lavagem, o lote composto por frutos maduros e verdes passa por um processo de separação e os frutos maduros s6o descascados e transportados para os terreiros ou secadores para a realiza76o da secagem. Os gr6os verdes tamb6m s6o levados para o terreiro para uma secagem lenta e homog6nea.

Segundo Bucheli & Taniwaki (2002), levantamentos indicaram que o processo de despulpamento pode reduzir significativamente o risco de contamina76o por OTA durante as etapas subseq6entes de fermenta76o e secagem do caf6 cereja. Os gr6os de caf6 processados por via 6mida parecem ser menos suscept6veis a infec76o por *Aspergillus* sp. e 6 contamina76o por OTA.

D) Secagem

A secagem de caf6 6 comparativamente mais dif6cil de ser executada do que a de outros produtos. Al6m do elevado teor de a76car presente na mucilagem, o teor inicial de 6gua, geralmente pr6ximo de 60% b.u., faz com que a taxa de deteriora76o, logo ap6s a colheita, seja bastante alta (SILVA *et al.*, 1999).

No Brasil, segundo os aspectos tecnol6gicos envolvidos, utilizam-se basicamente como m6todos de secagem do caf6 (SILVA *et al.*, 1999):

- Secagem em terreiro: esparrama-se o produto em pisos que podem ser de cimento, tijolo, ch6o batido ou asfalto. Este m6todo 6 o mais utilizado pelos produtores em pelo menos uma fase do processo de secagem;
- Secagem usando secadores: o ar aquecido 6 insuflado atrav6s da massa de gr6os;
- Secagem em combina76o: faz-se a pr6-secagem em terreiro ou pr6-secadores e a secagem complementar em secadores ou em silos secadores com ar natural ou levemente aquecido (at6 10°C acima da temperatura ambiente).

Uma pr6tica recomendada 6 a de pr6-secar o caf6 em terreiros ou em pr6-secadores at6 o teor de 6gua de 30 a 35% b.u., e concluir a secagem em secador mec6nico at6 11 a 12% b.u. Outro procedimento consiste em reduzir o teor de 6gua at6 22% b.u. em terreiros ou secadores mec6nicos e, posteriormente, submeter o caf6 a uma

secagem em silo aerado durante o processo de armazenamento até se atingir o teor de água de comercialização (SILVA *et al.*, 2001).

E) Armazenamento

Nos países produtores, o café beneficiado ou café verde é tradicionalmente armazenado em sacos de juta de 60 kg ou a granel, em tulhas apropriadas. O local de armazenagem deve ser limpo, abrigado do sol, da chuva e bem ventilado (SILVA *et al.*, 2001).

Segundo Bucheli & Taniwaki (2002), teor de água de 10-12% b.u. na massa de café e umidade relativa do ar ambiente entre 50 e 70% são apropriadas para armazenagem segura, sem perda da qualidade.

F) Beneficiamento

A operação de beneficiamento do café deve ser realizada o mais próximo possível da época de comercialização para que o produto possa manter suas características originais.

Dependendo das condições em que o café foi secado ou mesmo devido às mudanças que podem ocorrer durante o armazenamento, é recomendado passar o produto cuidadosamente por tulhas ou secadores aerados, para que haja homogeneização do teor de água antes de se iniciar o beneficiamento.

Uma unidade de beneficiamento deve possuir os seguintes equipamentos (SILVA *et al.*, 2001):

- Separador por peneiras: tem a finalidade de separar o café das impurezas leves (graúdas e miúdas), e fica localizado entre a parte inferior da moega e o catador de pedras;
- Catador de pedras e metais: tem por finalidade separar as impurezas mais pesadas, incluindo o café descascado dos cafés coco e casquinha;
- Descascador: retira a casca e o pergaminho do café. A palha é retirada pelo sistema de ventilação e o café é separado do café marinho, seguindo para o brunidor;
- Classificador: é um sistema que separa o café por forma e densidade, constituído por peneiras de diferentes tamanhos, tipos de furo e com

colunas de ar reguláveis que separam as impurezas leves ou cafés mal granados.

1.1. 4. Estudos toxicológicos sobre a ocratoxina A

A exposição às micotoxinas pode gerar toxicidade crônica ou aguda, levando à morte ou resultando em efeitos nocivos sobre o sistema nervoso central, cardiovascular, pulmonar e sobre o trato digestivo de seres humanos e animais. A possibilidade de algumas micotoxinas de comprometer a resposta imune e, conseqüentemente, de reduzir a resistência do indivíduo a doenças infecciosas, é considerada o mais importante dos efeitos destas micotoxinas (FAO, 2004).

Alguns órgãos internacionais especializados tais como o Comitê FAO/WHO *Expert Committee on Food Additives* (JECFA) (WHO 1991, 1996, 2001) e a Comissão Européia *Scientific Committee on Foods* (SCF 1996, 1998), têm avaliado a ocratoxina A em alimentos. Estudos toxicológicos, realizados pelo JECFA em suínos, ratos e camundongos, demonstraram que a OTA mostrou ser nefrotóxica em todas as espécies de mamíferos testadas. O alvo principal foi o túbulo proximal renal, onde a micotoxina apresentou efeitos citotóxicos e carcinogênicos. Nestes estudos, a OTA foi encontrada em amostras de sangue de humanos, mais notadamente, em pessoas que viviam em áreas de clima temperado de países do hemisfério norte. Porém, nenhum caso de intoxicação aguda em seres humanos foi relatado (FAO 2001; WALKER & LARSEN, 2005).

Segundo Patel (1997), estudos com animais demonstraram que OTA é um potente agente nefrotóxico, imunossupressor, teratogênico e carcinogênico, sendo classificada como possível carcinogênico humano pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC). Segundo a FAO (2001), a OTA é classificada como um contaminante pertencente ao Grupo 2B. Nesta categoria, estão incluídos os agentes classificados como possivelmente carcinogênicos para seres humanos, baseado em evidências epidemiológicas e experimentais de carcinogenicidade e em outros dados relevantes.

Como a OTA foi verificada em produtos presentes na dieta de consumidores, principalmente de países europeus, dados do consumo de alimentos na Europa, obtidos pelo GEMS/ Food Diet (*Regional per capita consumption of raw and semi-processed agricultural commodities*) foram considerados os mais relevantes para uma avaliação de

riscos realizada pelo JECFA, em 2001. Baseado nestes dados e nas recomendações da FAO/WHO sobre a metodologia para avaliação da exposição de contaminantes e toxinas em alimentos, a ingestão média total de OTA foi estimada em 45 ng/kg de peso corpóreo (pc) por semana, considerando um indivíduo de 60 kg. Cereais e vinho contribuíram para a ingestão média de OTA com cerca de 25 e 10 ng/kg pc por semana, respectivamente, enquanto o suco de uva e o café contribuíram com cerca de 2 a 3 ng/kg pc por semana. Outros produtos alimentícios como frutas secas, cerveja, chá, leite, coco, contribuíram com valores menores que 1 ng/kg pc por semana (FAO, 2001).

Segundo Walker & Larsen (2005), o JEFCA estabeleceu um PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*) de 100 ng/kg pc por semana, enquanto o *Scientific Committee on Food* recomendou a redução da exposição a OTA tanto quanto possível a níveis abaixo de 5 ng/kg pc/dia.

Em seres humanos, a ocratoxina A foi encontrada mais freqüentemente, e em concentrações médias elevadas, em amostras de sangue coletadas em pessoas que viviam em regiões onde uma doença fatal nos rins, conhecida com Nefropatia Endêmica dos Balcãs, ocorria e estava associada ao aumento da incidência de tumores no trato urinário superior. Concentrações médias similares foram observadas em outros países da Europa, onde não há evidências desta doença. O JECFA concluiu que os dados clínicos e epidemiológicos não serviam de base para calcular a probabilidade do potencial carcinogênico em seres humanos e que a etiologia de Nefropatia Endêmica dos Balcãs poderia envolver outros agentes nefrotóxicos (FAO, 2001).

2.0. OBJETIVO GERAL

Avaliar a segurança do café cereja, cereja descascado e bóia provenientes de regiões produtoras do estado de Minas Gerais e comercializado no mercado externo e interno, quanto ao crescimento de fungos toxigênicos e produção de OTA, aplicando os princípios do sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC).

2.1. Objetivos específicos

- Identificar os perigos e os pontos críticos de controle da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia das regiões do Sul de Minas Gerais (Ibituruna), Cerrado Mineiro (Coromandel) e Zona da Mata Mineira (Araponga, Ervália e Viçosa).

- Elaborar o plano APPCC que auxilie na prevenção do crescimento de fungos toxigênicos e produção de OTA em cafés cereja, cereja descascado e bóia.

3.0. MATERIAIS E MÉTODOS

A capacitação de cinco técnicos para auxiliar no desenvolvimento do experimento nas fazendas em Ibituruna (Sul de Minas), Coromandel (Cerrado Mineiro), Araponga, Ervália e Viçosa (Zona da Mata Mineira) foi realizada no período de agosto a outubro de 2004, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG. Os técnicos foram instruídos quanto à aplicação dos procedimentos de BPA na produção de café e os métodos para monitoramento e coleta de dados desde a colheita até a expedição do produto. O material de treinamento desses técnicos foi baseado nas recomendações da FAO (2004) e dos Princípios gerais de Higiene do *Codex Alimentarius* (CODEX, 2003a).

Uma avaliação das propriedades seguindo os procedimentos de BPA foi previamente realizada por meio de visitas às fazendas e do acompanhamento de cada etapa da pós-colheita dos cafés. Com o auxílio dos técnicos, previamente capacitados, foram realizados a adequação das propriedades às BPA e o treinamento dos trabalhadores das fazendas envolvidos na colheita e pós-colheita sobre os procedimentos de BPA a serem adotados.

A adequação das propriedades às BPA, capacitação dos técnicos e treinamento dos trabalhadores da pós-colheita de cada fazenda foram baseadas nas recomendações da FAO (2004) e dos Princípios gerais de Higiene do *Codex Alimentarius* (CODEX, 2003a).

A aplicação dos princípios do APPCC foi realizada considerando-se uma seqüência lógica de etapas e princípios básicos, de acordo com a metodologia descrita pela FAO (2004), FAO (2001), *Codex Alimentarius* (CODEX, 2003b). Foram realizadas a descrição do produto, a elaboração e descrição detalhada do fluxograma do processamento pós-colheita do café nas regiões da Zona da Mata mineira (Araponga, Ervália e Viçosa), Cerrado Mineiro (Coromandel) e Sul do estado de Minas Gerais (Ibituruna). Em seguida, foi realizada a identificação dos possíveis pontos críticos de controle da colheita ao beneficiamento do café cereja, cereja descascado e bóia da espécie *Coffea arabica*, cujo destino foi a exportação para indústrias de países da

Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos e o mercado interno. Esse trabalho foi desenvolvido de acordo com as etapas descritas seguir.

3.1. Etapas preliminares para a elaboração do APPCC

3.1.1. Descrição e distribuição do produto

Para descrever o produto foram considerados o tipo de café (cereja, cereja descascado e bóia), características tais como teor de água, atividade de água, o uso e o preparo do produto pelo consumidor, tempo de armazenamento, instruções para armazenamento e distribuição.

3.1.2. Elaboração e descrição detalhada do fluxograma

Para descrever de forma clara e simples as etapas envolvidas no processo da colheita ao beneficiamento dos cafés, os procedimentos adotados pelos produtores de cada uma das regiões de Araponga, Ervália, Ibituruna e Coromandel foram acompanhados entre os meses de junho e julho de 2004 e na região de Viçosa entre os meses de junho e julho de 2007. Na descrição de cada etapa foram considerados:

- Colheita e preparo: Tipo de colheita, tempo entre colheita e início da secagem, transporte até a unidade de processamento, forma de preparo (via seca ou via úmida).
- Secagem: Método de secagem, procedimentos adotados, variáveis monitoradas, frequência de monitoramento e resultados previamente obtidos no estudo da influência da atividade de água, temperatura e teor de água dos grãos e das condições ambientais de cada região na proliferação de fungos.
- Armazenamento: Formas de armazenamento, variáveis monitoradas e resultados previamente obtidos no estudo da influência da atividade de água, temperatura e teor de água dos grãos e das condições do local de armazenagem.
- Beneficiamento: características do produto (teor de água), procedimentos adotados durante o beneficiamento e na distribuição do café.

3.2. Princípios do APPCC aplicados da colheita ao beneficiamento do café

3.2.1. Princípio 1: Identificação e análise dos perigos potenciais

Nesta etapa, os dados do levantamento bibliográfico sobre a presença de fungos em café, disponíveis na literatura científica, foram utilizados como referência para a identificação e análise dos perigos potenciais no processamento pós-colheita do café. Além disso, um estudo da contaminação fúngica e da presença da OTA no processamento do café cereja, cereja descascado e bóia, da espécie *Coffea arabica*, proveniente das regiões produtoras de Minas Gerais, foi realizado para identificar os fungos produtores de OTA presentes nos cafés e o comportamento destes microrganismos, principalmente durante a secagem e o armazenamento.

3.2.2. Princípio 2: Identificação dos pontos críticos de controle (PCC)

A determinação dos PCC's, relacionados à produção de OTA nos grãos de café, foi realizada por meio do emprego da árvore decisória e baseada na análise de perigos e em dados da contaminação fúngica e do processamento pós-colheita do café coletados nas regiões produtoras de Minas Gerais.

3.2.3. Princípio 3: Definição dos limites críticos

Os limites críticos foram baseados em fatores como tempo, temperatura, teor de água e atividade de água no processamento pós-colheita do café cereja, cereja descascado e bóia das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália e Viçosa e recomendações da FAO (2004) e *Codex alimentarius* (2003b).

3.2.4. Princípio 4: Definição dos procedimentos de monitoramento

O método padrão de estufa para determinação do teor de água (BRASIL, 1992) e o método EDABO (SABIONE *et al.* 1995) foram empregados para monitoramento do teor de água do produto. Durante a secagem, as medições foram realizadas a cada 3 dias até se atingir o teor de água de 12% b.u. e durante o armazenamento, a cada 15 dias, por um período de 200 dias. Para a medição diária da atividade de água e da temperatura dos cafés durante a secagem, foi utilizado um termo-higrômetro, constituído por um indicador de temperatura e umidade relativa e por uma sonda contendo um sensor de temperatura com precisão de $\pm 0,6$ °C na faixa de temperatura de 15 a 35°C. Eram

coletadas 500 g de amostras de cada lote de café, acondicionadas em sacos de polietileno e levadas ao laboratório para a medição da umidade relativa de equilíbrio depois da amostra permanecer durante 10 minutos em repouso. Dez minutos depois de realizar a primeira medição, era realizada a segunda, para confirmação dos valores de atividade de água obtidos. A umidade relativa e temperatura do ar ambiente foram monitoradas diariamente durante a secagem e a cada 15 dias no armazenamento, empregando-se um termo-higrômetro com exatidão de $\pm 1^\circ\text{C}$ e $\pm 5\%$ e resolução de $0,1^\circ\text{C}$ para temperaturas entre -10°C e 1°C e 1% para umidades entre 20 e 99%.

O monitoramento da presença de presença de fungos toxigênicos foi realizado pelo método Dhingra & Sinclair (1995) e a detecção e quantificação de OTA realizadas pelo método de analítico de referência para análise de micotoxinas em produtos, subprodutos e derivados de origem vegetal, cujo limite de detecção é $0,20 \mu\text{g}/\text{kg}$ de produto (BRASIL, 2000), conforme descrito anteriormente.

3.2.5. Princípio 5: Definição das ações corretivas

Para todo PCC identificado, foram definidas uma ou mais ações corretivas a serem aplicadas quando alguma variável ultrapassasse os limites críticos estabelecidos.

3.2.6. Princípio 6: Definição dos procedimentos de verificação

Os procedimentos de verificação, definidos após acompanhamento e observação das atividades realizadas pelos funcionários durante o processamento pós-colheita do café nas fazendas de Ibituruna (Sul de Minas Gerais), Coromandel (Cerrado Mineiro), Araponga, Ervália e Viçosa (Zona da Mata Mineira), foram utilizados para verificar se as medidas adotadas foram suficientes para prevenir, eliminar ou reduzir a níveis seguros a presença de OTA nesses cafés.

3.2.7. Princípio 7: Definição dos registros

Os resultados das análises, realizadas durante os experimentos, foram registrados e arquivados até a conclusão do estudo.

Esses resultados, bem como as recomendações da FAO (2004), foram considerados no desenvolvimento do plano APPCC para o processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia das fazendas de Ibituruna (Sul de Minas Gerais), Coromandel (Cerrado Mineiro), Araponga, Ervália e Viçosa (Zona da Mata

Mineira), visando a prevenção da presença de OTA no café verde, cujo destino era a exportação para as indústrias de países da Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos e o mercado interno.

4.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Adequação às Boas Práticas Agrícolas

Tendo como referência os princípios gerais de higiene elaborados pelo *Codex Alimentarius* (2003b) para a prevenção de micotoxinas da colheita ao transporte de grãos e cereais, as seguintes práticas, adaptadas à colheita e pós-colheita do café foram seguidas:

- **Na colheita:**
 - Planejar corretamente o tempo de execução das operações de colheita e pós-colheita, de acordo com os equipamentos e métodos disponíveis, para garantir o menor tempo possível entre a colheita e secagem;
 - Colher o café no estágio de maturação adequado;
 - Disponibilizar equipamentos e utensílios em número suficiente e em perfeito estado de conservação antes de se iniciar operação de colheita;
 - Realizar a manutenção periódica de equipamentos e utensílios empregados na colheita;
 - Realizar a limpeza adequada de equipamentos, utensílios e instalações antes da colheita de forma a eliminar possíveis focos de contaminação de grãos e cereais;
 - Disponibilizar equipamentos devidamente calibrados para a medição do teor de água dos produtos;
 - Evitar o contato dos grãos com o solo;
 - Evitar misturar grãos danificados com outros sadios;
 - Realizar de forma adequada as operações de limpeza para separação de grãos danificados e materiais estranhos que possam comprometer a qualidade e segurança dos produtos sadios;
 - Evitar amontoar grãos úmidos. Se inevitável, que seja o mais breve possível antes das operações de limpeza ou de secagem.

- Não misturar lotes com diferentes teores de água, principalmente grãos secos com grãos úmidos.
- **Na secagem:**
 - Evitar locais relativamente úmidos para construção das instalações de processamento pós-colheita;
 - Manter a organização e limpeza das instalações;
 - Coletar amostras representativas dos produtos para determinação do teor de água logo após colheita e ao término da operação de secagem por meio de um método padrão, como método de estufa a 105°C/24 horas (BRASIL, 1992), ou ainda, usando equipamento calibrado pelo método padrão;
 - Calibrar corretamente o equipamento antes de se iniciar as medições do teor de água e atividade de água;
 - Limpar adequadamente as superfícies de secagem antes de iniciar a operação;
 - De preferência iniciar a operação de secagem no mesmo dia da colheita dos lotes do produto;
 - Secar até teor de água recomendado para a armazenagem segura de forma que ao final da secagem o valor da atividade de água no produto seja inferior a 0,70;
 - Atingir um teor de água final uniforme em toda massa de grãos;
 - Não misturar lotes de produto com diferentes teores de água;
 - Evitar a reumidificação do produto;
 - Evitar o contato do produto com qualquer tipo de fonte de contaminação como animais, equipamentos, superfícies e utensílios não higienizados;
- **No armazenamento:**
 - Assegurar paredes, pisos e telhados impermeáveis;
 - Projetar o telhado de forma a minimizar a transferência de calor;
 - Evitar contato do produto com as paredes e com o piso do armazém;
 - Higienizar adequadamente depósitos, silos e armazéns;
 - Higienizar adequadamente equipamentos e instalações do local de armazenamento dos grãos, separando resíduos e evitando acúmulo de sujeiras e materiais descartados antes de iniciar o armazenamento;

- Manter um programa de controle de pragas (roedores, aves e outros animais) e infestação por insetos;
 - Utilizar produtos (fumigantes e inseticidas) permitidos pela legislação e nas quantidades recomendadas;
 - Monitorar continuamente da temperatura e o teor de água durante o armazenamento dos produtos em intervalos regulares de forma que a atividade de água no produto seja mantida a valores inferiores a 0,70 durante todo o período de armazenamento;
 - Prevenir a recontaminação, evitando o contato dos grãos limpos com casca, pó e embalagens danificadas e separar grãos secos do material descartado;
 - Evitar reumidificação dos grãos armazenados;
 - Separar os produtos aparentemente contaminados por fungos e enviar para análise.
 - Manter valores uniformes de teores de água em toda massa de grão, porém não mais que 12 ou 13% b.u., de forma que a atividade de água no produto armazenado seja mantida a valores inferiores a 0,70;
 - Monitorar o teor de água do produto por meio de um método padrão, como método de estufa a 105°C/24 horas (BRASIL, 1992), ou ainda, usando equipamento calibrado pelo método padrão;
- **No beneficiamento:**
 - Separar completamente grãos, pergaminho e casca;
 - Usar embalagens e equipamentos higienizados;
 - Prevenir a recontaminação, evitando o contato dos grãos limpos com casca, pó e embalagens danificadas e separar grãos secos do material descartado;
 - Evitar reumidificação dos grãos.
- **No transporte do produto após armazenagem:**
 - Transportar o produto seco, limpo e isento de crescimento visível de fungos, da presença de insetos ou de qualquer outro tipo de contaminação;
 - Transportar o produto em veículos e *containers* adequados à carga a que se destinam;

- Higienizar adequadamente veículos e todo material, equipamento e utensílio que entre em contato com o produto antes de serem utilizados e ao término do transporte;
- Esvaziar completamente o veículo ou *container* utilizado para transporte do produto e higienizá-lo adequadamente, bem como todos os utensílios, materiais e equipamentos;
- Evitar reumidificação dos grãos e cereais durante o transporte;
- Não misturar lotes de produtos com diferentes teores de água.

4.2. Resultados das etapas preliminares para elaboração do APPCC

4.2.1. Descrição do café cereja, cereja descascado e bóia

Neste estudo, foi considerado o processamento do café cereja, cereja descascado e bóia da espécie *Coffea arabica*, das regiões da Zona da Mata, Cerrado e Sul do estado de Minas Gerais, cujo destino era a exportação para as indústrias de países da Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos e o mercado interno.

Os cafés eram comercializados com Cooperativas e, posteriormente, exportados para esses países para fabricação de café torrado e, ou, moído. Nesta fase, os cafés apresentavam teor de água entre 10,5 a 11,5% b.u.

O café bóia era utilizado no preparo de *blends* para produção de café solúvel. Os limites máximos de OTA permitidos, segundo a FAO (2004) são de 5µg/kg de grão.

4.2.2. Elaboração e descrição detalhada do fluxograma pós-colheita do café cereja, cereja descascado e bóia

A descrição detalhada do fluxograma do processamento destes cafés, como algumas considerações, baseadas nos procedimentos empregados por produtores durante o processamento pós-colheita do café de cada região estudada é apresentada a seguir.

A) Colheita, separação e preparo dos cafés

Nas regiões estudadas, a colheita do café iniciava-se pela manhã e terminava no período da tarde, sendo realizada manualmente por derriça sobre pano ou por colheita mecânica. O café era transportado a granel em caminhão, até a área de processamento, normalmente ao final da tarde, quando se iniciavam os processos de lavagem e

separação. O café cereja, depois de separado do bóia, era colocado em carrinhos espalhadores e, depois de retirado o excesso de água, era espalhado em terreiro de cimento. Os cafés cereja descascados, depois de separados dos bóias, cerejas e verdoengos, eram descascados e espalhados em terreiro de cimento. Os cafés bóias eram espalhados em terreiro de cimento para secagem.

B) Secagem dos cafés

B.1) Secagem dos cafés cereja, cereja descascado

A secagem era realizada em terreiro de cimento, terreiro suspenso ou pelo processo de secagem combinada. Neste caso, realizava-se a pré-secagem em terreiro de cimento até um teor de água entre 30 a 35% b.u. e, em seguida, o produto era transferido para um secador mecânico e secado até teor de água igual a 12% b.u. Quando se utilizava o terreiro de cimento ou o suspenso para realizar a secagem completa, os lotes de café com teor de água elevado eram, inicialmente, espalhados em leiras sobre o piso de cimento, formando finas camadas (máximo 4 cm de espessura) e secados até teor de água igual a 12% b.u..

Nos dias de sol, na manhã seguinte à operação de preparo, aproximadamente às 8:00 horas, o café espalhado era revolvido entre 12 e 15 vezes durante as horas de luz do dia. Depois das 15:00 horas, aproximadamente, o café era enleirado, permanecendo descoberto durante toda a noite. Este procedimento era repetido no segundo dia de secagem.

A partir do terceiro dia, o café era espalhado pela manhã, revolvido de 12 a 15 vezes ao dia e enleirado, aproximadamente, às 15:00 horas, em leira única, com 10 cm de espessura, aproximadamente, e coberto com lona limpa.

Em dias de chuva o café era espalhado em camada bem fina sobre o terreiro e revolvido continuamente até que a chuva cessasse. Caso a chuva continuasse, o café era enleirado à tarde e dividido em leiras pequenas (20 cm de espessura e 60 cm de largura, aproximadamente). Na manhã seguinte, com auxílio de vassouras, retirava-se a água e a mucilagem entre estas leiras, e se espalhava novamente todo o café pelo terreiro. Este café era lavado com água limpa e revolvido, retirando-se toda a mucilagem.

O café enleirado e coberto com lona limpa durante a noite, caso estivesse em estado adiantado de seca e começasse a chover, continuava coberto e com o auxílio de

um suporte levantavam-se as extremidades, anterior e posterior, da lona para ventilar a massa de grãos. O café permanecia coberto até que a chuva cessasse, sempre verificando a temperatura da massa de grãos.

Nas regiões em que se utilizou a secagem combinada, como Ibituruna, inicialmente os lotes de café com teor de água elevado eram enleirados sobre o piso de cimento, formando finas camadas (máximo 4 cm de espessura) e secados ao sol até teor de água entre 30 e 35% b.u.. Nesta fase, os procedimentos de revolvimento em dias de sol ou de chuva foram os mesmos adotados para a secagem dos cafés secados apenas em terreiro de cimento.

O café, ao atingir o teor de água entre 30 e 35% b.u., era transportado em sacos de juta para um secador mecânico e secado até teor de água de 10,5 a 11,5% b.u. à temperatura de 40 °C, durante 3 a 4 dias. Estes secadores tinham um sistema de revolvimento manual da massa de grãos. Esse revolvimento era realizado em intervalos regulares de 3 horas. O ar de secagem era aquecido por meio de fornalhas, com a queima de carvão vegetal, e a temperatura do ar medida na entrada de ar para a câmara plenum. As fornalhas eram ligadas no início da manhã (7:00 horas) e funcionavam continuamente até às 18:00 horas.

Durante a secagem em terreiro de cimento, para determinação do teor de água, as amostras eram coletadas no primeiro dia de secagem, depois do 5º dia e, diariamente, conforme o teor de água do café aproximava-se de 12% b.u.. Quando se utilizou a secagem combinada, as amostras eram coletadas no início da secagem e no 5º dia. Durante a secagem nos secadores mecânicos, a primeira medição do teor de água era feita depois de 2 dias de secagem e, depois de atingir 12% b.u., o teor de água era monitorado constantemente até que a massa de grãos atingisse o teor de água entre 10,5 e 11,5% b.u. Os valores do teor de água medidos eram registrados e arquivados. A determinação do teor de água era feita utilizando-se um medidor portátil do teor de água com resultados rápidos. A calibração deste equipamento era realizado por laboratórios credenciados a cada seis meses.

Além da descrição dos procedimentos adotados pelos produtores das regiões estudadas, para a identificação dos perigos foram considerados os dados coletados durante os experimentos realizados nas regiões do Cerrado, Zona da Mata e Sul de Minas Gerais. Os resultados sobre a influência da atividade de água, temperatura e teor de água dos grãos e das condições ambientais (temperatura e umidade relativa), obtidos

nesse estudo prévio, principalmente durante a secagem e o armazenamento dos grãos, são descritos a seguir.

B.1.1) Região de Ibituruna (Sul de Minas Gerais)

Os valores das médias diárias da umidade relativa e temperatura do ar ambiente, em junho e julho de 2004, foram de $72,5 \pm 5,6\%$ e $20,1 \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $74,6 \pm 9,9\%$ e $18,9 \pm 2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os resultados observados durante a secagem dos cafés na região de Ibituruna estão apresentados nas Tabelas 20 (Teste 1) e 21 (Teste 2).

TABELA 20 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Ibituruna – Teste 1

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução Aw < 0,70} (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	62,8	12,1	15	23,4±2,6	0,66	11
	Terreiro de cimento e Secador mecânico**	62,8	16,3	14	23,0±2,5	0,70	13
Cereja descascado	Terreiro de cimento	54,8	10,7	14	22,6±2,1	0,68	14
	Terreiro suspenso	54,8	11,5	14	21,1±1,8	0,78	*
Bóia	Terreiro de cimento	52,8	11,5	14	24,1±3,4	0,57	11

* A Aw não atingiu valores inferiores a 0,70.

** Estes resultados referem -se apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

TABELA 21 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Ibituruna – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução Aw < 0,70} (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	64,4	11,6	17	21,3±2,7	0,68	16
	Terreiro de cimento e Secador mecânico**	64,4	21,4	12	20,6±1,3	0,82	*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	54,1	10,7	17	19,5±2,4	0,74	*
	Terreiro suspenso	54,1	11,0	17	22,0±2,7	0,63	15
Bóia	Terreiro de cimento	53,9	11,2	17	20,4±2,7	0,64	15

* A Aw não atingiu valores inferiores a 0,70.

** Estes resultados referem-se apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

B.1.2) Região de Coromandel (Cerrado Mineiro)

Os valores das médias diárias de umidade relativa e temperatura do ar ambiente, em junho e julho de 2004, foram de $57,5 \pm 5,9\%$ e $21,8 \pm 1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $54,6 \pm 8,8$ e $19,80 \pm 1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Os resultados observados durante a secagem dos cafés na região de Coromandel são mostrados nas Tabelas 22 (Teste 1) e 23 (Teste 2).

TABELA 22 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Coromandel – Teste 1

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	62,1	11,9	18	26,6±2,8	0,48	5
	Terreiro de cimento e Secador mecânico**	62,1	23,3	12	24,0±5,0	0,52	5
Cereja descascado	Terreiro de cimento	48,5	11,1	13	25,9±5,0	0,46	6
	Terreiro suspenso	48,5	11,7	11	23,9±4,4	0,50	6
Bóia	Terreiro de cimento	30,4	11,8	14	24,5±5,1	0,46	4

** Estes resultados referem-se apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

TABELA 23 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Coromandel – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	62,7	11,8	20	35,0±3,5	0,33	4
	Terreiro de cimento e Secador mecânico**	62,7	24,8	11	30,4±5,0	0,44	5
Cereja descascado	Terreiro de cimento	47,5	12,0	14	27,3±3,0	0,34	5
	Terreiro suspenso	47,5	11,9	14	28,4±3,4	0,46	8
Bóia	Terreiro de cimento	36,6	11,6	13	30,3±6,6	0,43	5

** Estes resultados referem -se apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

B.1.3) Região de Araponga (Zona da Mata Mineira)

Os valores das médias diárias de umidade relativa e temperatura do ar ambiente, em junho e julho de 2004, foram de $78,2 \pm 9,2\%$ e $19,1 \pm 1,9^\circ\text{C}$ e $74,5 \pm 4,2\%$ e $19,8 \pm 1,9^\circ\text{C}$, respectivamente. Os dados durante a secagem dos cafés na região de Araponga são mostrados nas Tabelas 24 (Teste 1) e 25 (Teste 2).

TABELA 24 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia da região de Araponga – Teste 1

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	66,5	11,0	22	21,7±2,4	0,83	*
	Terreiro de cimento e Secador mecânico**	66,5	22,6	14	21,5±2,6	0,91	*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	51,7	11,6	28	20,7±2,4	0,93	*
	Terreiro suspenso	51,7	11,6	28	20,2±2,3	0,87	*
Bóia	Terreiro de cimento	42,5	11,3	21	21,2±2,2	0,82	*

* A Aw não atingiu valores inferiores a 0,70.

** Estes resultados se referem apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

TABELA 25 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado e bóia da região de Araponga – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	60,6	11,8	22	21,0±2,0	0,74	*
	Terreiro de cimento e Secador mecânico **	60,6	23,4	15	21,3±2,0	0,85	*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	54,6	11,8	26	20,6±2,3	0,62	25
	Terreiro suspenso	54,6	12,8	16	21,6±1,8	0,74	*
Bóia	Terreiro de cimento	40	11,3	17	21,0±1,4	0,74	*

* A Aw não atingiu valores inferiores a 0,70.

** Estes resultados se referem apenas à etapa de secagem em terreiro de cimento.

B.1.4) Região de Ervália (Zona da Mata Mineira)

Os valores das médias diárias de umidade relativa e temperatura do ar ambiente, em junho e julho de 2004, foram $83,9 \pm 9,5\%$ e $18,3 \pm 2,2$ °C e $78,7 \pm 5,2\%$ e $19,3 \pm 1,5$ °C, respectivamente. Os dados durante a secagem dos cafés na região de Ervália são mostrados nas Tabelas 26 (Teste 1) e 27 (Teste 2).

TABELA 26 - Resultados da operação de secagem do café cereja descascado na região de Ervália - Teste 1

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja descascado	Terreiro suspenso	48,7	11,0	14	18,9±1,7	0,87	*

* A Aw não atingiu valores inferiores a 0,70.

TABELA 27 - Resultados da operação de secagem do café cereja descascado na região de Ervália – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja descascado	Terreiro suspenso	50,4	11,1	11	19,8±1,6	0,70	11

B.1.5) Região de Viçosa (Zona da Mata Mineira)

Os valores das médias diárias de umidade relativa e temperatura do ar ambiente, em junho e julho de 2007, foram de $60,6 \pm 6,5\%$ e $24,2 \pm 2,8$ °C, respectivamente. Os dados durante a secagem dos cafés na região de Ervália são mostrados na Tabela 28.

TABELA 28 - Resultados da operação de secagem dos cafés cereja, cereja descascado na região de Viçosa

Tipo de café	Método de secagem	U _{inicial} (% b.u)	U _{final} (% b.u)	t _{secagem} (Dia)	T _{média da massa de grãos} (°C)	Aw _{final} (Decimal)	t _{redução} Aw < 0,70 (Dia)
Cereja	Terreiro de cimento	67,4	12,1	16	23,9 ± 3,3	0,58	9
Cereja descascado	Terreiro de cimento	60,1	12,4	14	26,4 ± 2,8	0,64	8
	Terreiro suspenso	62,4	13,3	14	21,4 ± 2,9	0,64	9
Bóia	Terreiro de cimento	46,6	12,4	7	28,8 ± 3,6	0,49	5

A redução da atividade de água a valores inferiores a 0,70 é medida preventiva importante para o controle da proliferação de fungos, naturalmente presentes no café, principalmente durante o armazenamento (FAO, 2004).

Nas regiões de Araponga e Ervália observou-se que devido às características ambientais da região e da localização do terreiro a secagem dos cafés em terreiro de cimento não foi suficiente para atingir tal valor de Aw mesmo para um tempo total de secagem superior a 15 dias. Nestes casos, o risco de desenvolvimento de fungos toxigênicos aumenta.

Não foi observado um aumento excessivo da temperatura do produto em relação à temperatura ambiente durante o processo de secagem em terreiro. Apenas em Coromandel, durante a secagem em terreiro de cimento e na etapa de secagem em terreiro de cimento no método empregando-se a secagem combinada, observou-se que a temperatura média dos grãos de café cereja foi superior a 30°C (Tabela 23). Tal valor pode estar associado à deficiência no revolvimento do produto.

C) Armazenamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia

Depois de seco, o café era transportado para o armazém e armazenado a granel em tulhas ou em sacos de juta de 60 kg. Durante o ensaque ou a transferência para as tulhas eram coletadas amostras para análises de bebidas.

Durante o armazenamento nas tulhas, o teor de água dos cafés era monitorado diariamente e, caso atingisse valores superiores a 12% b.u., a massa de grãos era aerada com ar ambiente até atingir novamente o valor de 11,5% b.u. Nas regiões em que o armazenamento foi realizado em sacarias, quando esse teor de água atingia valores superiores a 12% b.u., os lotes de café ensacados eram transportados até o terreiro de

cimento e os cafés espalhados para secagem até que o teor de água dos grãos atingisse valores inferiores a 12% b.u. Em seguida, os cafés eram ensacados e armazenados.

Registros de mapas de avaliação de bebida e do controle do teor de água, aeração e condições do ambiente durante o armazenamento foram arquivados.

Durante o armazenamento do café em Viçosa, região da Zona da Mata Mineira, em um período de 200 dias, a média dos valores de umidade relativa e temperatura do ar ambiente medidos foram de $57,5 \pm 10,5\%$ e $25,1 \pm 3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os demais dados estão apresentados na Tabela 29. Neste caso, os cafés foram armazenados em sacos de juta de 60 kg.

TABELA 29 - Resultados de umidade, temperatura e A_w durante o armazenamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia na região de Viçosa

Tipo de café	U média na massa de grãos (% b.u)	t armazenamento (Dia)	T média da massa de grãos ($^{\circ}\text{C}$)	A_w média (Decimal)
Cereja	$14,4 \pm 1,3$	200	$23,7 \pm 3,8$	$0,62 \pm 0,04$
Cereja descascado	$12,6 \pm 0,8$	200	$23,1 \pm 3,7$	$0,62 \pm 0,03$
Bóia	$12,7 \pm 0,7$	200	$23,7 \pm 3,7$	$0,58 \pm 0,03$

Pode-se observar que os valores de A_w variaram durante todo o período de armazenamento, porém não atingiram valores superiores a 0,70. Mesmo tais valores sendo considerados adequados para um armazenamento seguro, a presença de inóculos nos grãos, principalmente de fungos do gênero *Aspergillus* sp., e, caso as condições intrínsecas do produto se tornarem favoráveis ao desenvolvimento destes microrganismos, poderá ocorrer a colonização destes grãos durante o armazenamento prolongado do café. Daí a necessidade de um monitoramento contínuo da teor de água, atividade de água do produto e das condições ambientais do local durante o armazenamento.

Observou-se um aumento no teor de água dos cafés, principalmente do café cereja acima de 12% b.u.. Neste caso, estes valores podem favorecer a proliferação de fungos e o monitoramento constante do teor de água dos grãos, da umidade relativa e temperatura do local de armazenamento são medidas preventivas para se evitar a proliferação destes microrganismos. Para aumentos no teor de água do produto acima de 12% b.u., a massa de grãos deve ser aerada até atingir novamente valores até 10,5% b.u.

D) Beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia

Nas fazendas, os cafés eram beneficiados antes de ser transportado para Cooperativas. Amostras eram coletadas para determinação do teor de água no início desta etapa. Para valores de teores de água maiores ou iguais a 12% b.u., a massa de grãos era aerada até atingir teor de água entre 10,5 e 11,5% b.u. Ao final do beneficiamento, os cafés cereja, cereja descascado e bóia eram ensacados, separadamente, em sacos de juta de 60 kg e transportados até Cooperativa, onde permaneceu armazenado até a comercialização.

No estudo sobre distribuição, presença e condições de desenvolvimento de microrganismos da colheita ao armazenamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália e Viçosa, observou-se a presença de leveduras e fungos do gênero *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp., no início do processo de secagem, principalmente na casca e na polpa dos frutos. Ao seu final verificou-se diminuição de colônias destes microrganismos, à exceção de *Fusarium* sp. que, nesta fase, foram encontrados também presentes nos grãos. Baixas porcentagens de grãos infectados por fungos do gênero *Aspergillus* sp. foram detectadas, principalmente, no início e término da secagem.

O café apresentou uma microbiota característica composta por tais microrganismos, independentemente da região de origem. No entanto, a contagem destes microrganismos variou entre as regiões, sendo que Araponga e Ervália apresentaram contagens mais elevadas de leveduras e fungos (na ordem de 10^6 UFC/g de café) e maior porcentagem de grãos infectados.

Durante a etapa de armazenamento, verificou-se tendência da proliferação de fungos do gênero *Aspergillus* sp., em especial da espécie *A. glaucus* e *A. ochraceus*. Foi detectada a presença de espécies de *Aspergillus*, principalmente na superfície dos grãos e, portanto, existe a possibilidade de colonização destes grãos caso a atividade de água atinja valores acima de 0,70 durante o armazenamento. Apesar da presença do fungo não ser indicativa da produção de ocratoxina, já que nem todas as cepas desta espécie são produtoras desta micotoxina, há possibilidade de produção de OTA em valores de atividade de água igual ou superior a 0,80.

Pela análise dos dados do processo e por meio da descrição detalhada das condições de produção, pré-processamento e processamento do café nas regiões da

Zona da Mata, Cerrado e Sul do estado de Minas Gerais, contidas na descrição detalhada do fluxograma (Figura 27) verificou-se que:

- O café foi produzido, pré-processado e processado, seguindo as boas práticas agrícolas e procedimentos adequados de higiene;
- Um monitoramento constante do processo foi realizado, registrando-se dados como temperatura de secagem e teor de água da massa de grãos, temperaturas de armazenamento e dados sobre as condições ambientais (umidade relativa do ar e temperatura ambiente) durante o processamento e o armazenamento;
- Nas amostras de café analisadas, foram detectadas a presença de fungos produtores de OTA, entretanto não foi detectada a presença de OTA nestes grãos (Tabelas 10 a 18; 31 a 40);
- O maior produtor potencial de OTA, identificado nos grãos de café da espécie *Coffea arabica* nas regiões estudadas foi o *A. ochraceus*;
- Quando realizada de forma adequada e, seguindo os procedimentos de BPA, a secagem garante a redução do teor de água e, conseqüentemente, de atividade de água a níveis seguros que impedem a proliferação de microrganismos nos grãos de café;
- Verificou-se um aumento da porcentagem de grãos infectados por fungos do gênero *Aspergillus* sp., inclusive do *A. ochraceus* durante o armazenamento do café.

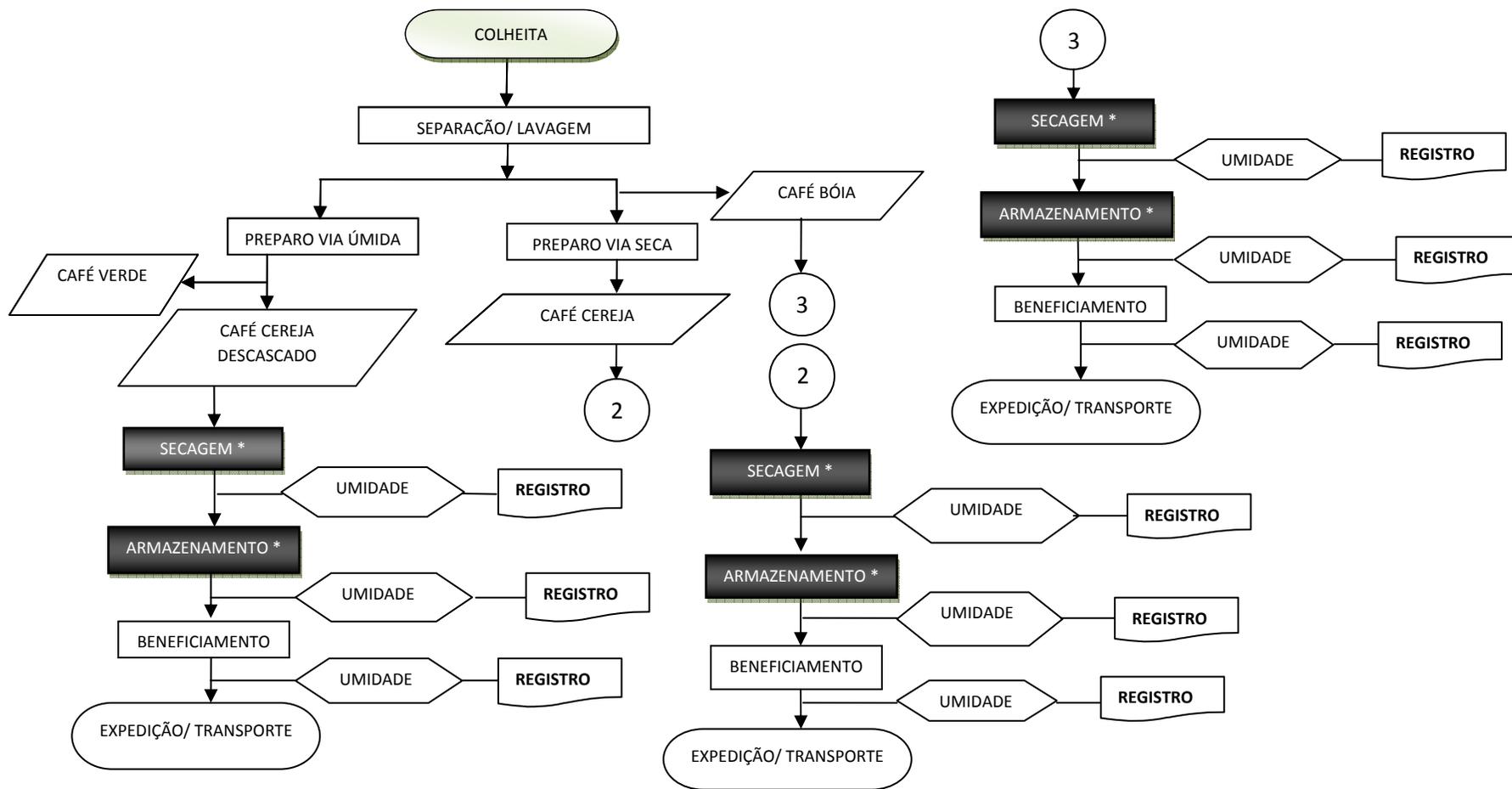


FIGURA 27 - Fluxograma do processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia

*** Pontos Críticos de controle no processamento dos cafés cereja descascado, cereja e bóia**

4.3. Resultados da análise dos perigos e determinação dos pontos críticos de controle da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia

Os resultados das análises de perigo da colheita à expedição e transporte do café para as Cooperativas estão descritos no Quadro 4.

QUADRO 4 - Análise de perigos do processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia

ETAPAS DO PROCESSO	PERIGO IDENTIFICADO	MEDIDAS PREVENTIVAS	PCC
Colheita	- Biológico: Proliferação de fungos; - Físico: materiais estranhos, fragmentos sólidos; - Químico: resíduos de agrotóxicos	- Emprego de BPA e POPH é suficiente para prevenir a ocorrência do perigo.	Não
Separação/lavagem	- Físico: materiais estranhos, fragmentos sólidos	- Emprego de BPA e POPH é suficiente para prevenir a ocorrência do perigo.	Não
Preparo via úmida	Não foi identificado nenhum perigo	- Emprego de BPA e POPH.	Não
Preparo via seca	Não foi identificado nenhum perigo	- Emprego de BPA e POPH.	Não
Secagem	- Biológico: Proliferação de fungos toxigênicos	- Emprego de BPA e POPH. - Secar até que o teor de água $\leq 12\%$ b.u e $A_w < 0,70$. - Medir o teor de água da massa de grãos empregando aparelhos devidamente calibrados pelo método padrão de estufa a $105^\circ\text{C}/24$ horas (BRASIL, 1992).	SIM (B)
Armazenamento	- Biológicos: presença de fungos toxigênicos; produção de OTA	- Emprego de BPA e POPH. - Armazenar separadamente cerejas, pergaminhos e grãos com umidade $\leq 12\%$ b.u e $A_w < 0,70$. - Aeração da massa de grãos - Monitoramento das condições ambientais do local de armazenagem e controle da umidade e A_w dos grãos. - Medir o teor de água da massa de grãos empregando aparelhos devidamente calibrados pelo método padrão de estufa a $105^\circ\text{C}/24$ horas (BRASIL, 1992).	SIM (B)
Beneficiamento	- Físico: materiais estranhos, fragmentos sólidos; - Biológico: Recontaminação	- Emprego de BPA e POPH.	Não
Expedição/Transporte	- Biológico: Recontaminação; Desenvolvimento de fungos toxigênicos	- Emprego de BPA, POPH.	Não

Os cuidados durante a colheita são importantes para evitar a proliferação da microbiota naturalmente presente no café. A colheita dos frutos na época adequada e o tipo de colheita evitam danos mecânicos e o contato dos grãos com possíveis fontes de contaminação (solo, grãos caídos no solo, grãos danificados, etc.). O menor tempo entre a colheita e o início do processo de secagem é necessário como forma de reduzir o mais rápido possível o elevado teor inicial de água dos grãos, que influencia a deterioração dos grãos e o desenvolvimento de fungos em grãos contaminados.

O processo de secagem reduz a atividade de água e o teor de água dos grãos a valores desfavoráveis para o desenvolvimento de fungos e formação de OTA. Desta forma, a secagem é uma etapa crítica e necessária para a conservação do produto.

Condições adequadas de armazenamento impedem o desenvolvimento e crescimento de fungos na massa de grãos e, conseqüentemente, a formação de OTA. A reumidificação da massa de grãos, nesta etapa, é um fator crítico que favorece a proliferação de fungos e, portanto, o controle e monitoramento do teor de água e da atividade de água são necessários. A aeração da massa de grãos no armazenamento, quando o teor de água ultrapassar os valores de 12% b.u., constitui uma maneira de evitar as condições que favorecem a formação de OTA.

Alguns cuidados de manejo devem ser observados, principalmente, porque a atividade de água tende a ser variável em uma mesma massa de grãos, em função de fenômenos como migração de umidade e condensação de vapor, infestação por insetos, além de outras ocorrências que podem favorecer aumento da atividade de água, com a conseqüente deterioração fúngica e contaminação por micotoxinas (SAUER *et al.*, 1992 citados por ALVES, 2003).

4.4. Elaboração do plano APPCC da colheita ao beneficiamento dos cafés cereja, cereja descascado e bóia das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araçuaia, Ervália e Viçosa

A descrição do plano APPCC aplicado da colheita à expedição e transporte do café para as Cooperativas está descrita no Quadro 5.

QUADRO 5 - Descrição do plano APPCC para o processamento pós-colheita dos cafés cereja descascado, cereja e bóia

PCC/ETAPA DO PROCESSO	PERIGO	PONTO DE CONTROLE	LIMITE CRÍTICO	MONITORAMENTO / FREQUÊNCIA	REGISTROS	RESPONSÁVEL	AÇÕES CORRETIVAS	VERIFICAÇÃO
PCC 1/ Secagem	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Aw do produto - Teor de água do produto - Calibração dos equipamentos de medição do teor de água 	<ul style="list-style-type: none"> - < 0,70 - ≤ 12% b.u. - Método de referência: Método padrão de estufa a 105°C/24 horas (BRASIL, 1992). 	<ul style="list-style-type: none"> - Por lote de café/ Término da secagem - Por lote de café/ Término da secagem - Antes de iniciar as operações de colheita e processamento pós-colheita do café/ A cada safra 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados das medições e análises - Registros das calibrações 	Encarregado pelo setor	<ul style="list-style-type: none"> - Continuar a secagem - Manutenção ou substituição dos equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisão das operações - Aferição e manutenção dos equipamentos de medição - Avaliação dos resultados das análises
PCC2 / Armazenamento	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Umidade relativa do local de armazenagem - Teor de água do produto - Aw do produto 	<ul style="list-style-type: none"> - 50 a 70% - ≤ 12% b.u. - < 0,70 	<ul style="list-style-type: none"> - Diário/ 3 vezes ao dia - Diário/ 2 vezes ao dia - A cada lote armazenado e depois a cada 15 dias 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados das medições e análises 	Encarregado pelo setor	<ul style="list-style-type: none"> - Aeração da massa de grãos 	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisão das operações - Aferição e manutenção dos equipamentos de medição - Avaliação dos resultados das análises

QUADRO 5 - Continuação

PCC/ETAPA DO PROCESSO	PERIGO	PONTO DE CONTROLE	LIMITE CRÍTICO	MONITORAMENTO / FREQUÊNCIA	REGISTROS	RESPONSÁVEL	AÇÕES CORRETIVAS	VERIFICAÇÃO
PCC2 / Armazenamento	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> - Análise microbiológica para identificação de fungos produtores de OTA. - Análise de detecção de OTA no lote onde foi verificada a presença de fungos toxigênicos - Calibração dos equipamentos de medição do teor de água 	<ul style="list-style-type: none"> - Método de referência: DHINGRA & SINCLAIR, (1992). - Limite de detecção do método de determinação de OTA: 0,20 µg/kg de produto (BRASIL, 2000). - Método de referência: Método padrão de estufa a 105°C/24 horas (BRASIL, 1992). 	<ul style="list-style-type: none"> - Término do armazenamento/ Por lote - Término do armazenamento/ Por lote - Antes de iniciar as operações de colheita e processamento pós-colheita do café/ A cada safra 	<ul style="list-style-type: none"> - Resultados das análises - Resultados das análises - Registros das calibrações 	Encarregado pelo setor	<ul style="list-style-type: none"> - Separação dos lotes contaminados e análise de OTA - Separação dos lotes contaminados por OTA - Manutenção ou substituição dos equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Supervisão das operações - Aferição e manutenção dos equipamentos de medição - Avaliação dos resultados das análises

Em geral, no processamento pós-colheita do café, algumas práticas são recomendadas para garantir um produto de maior qualidade e seguro:

- Evitar locais relativamente úmidos para o processamento pós-colheita do café;
- Higienizar adequadamente equipamentos e instalações da planta de processamento pós-colheita, separando resíduos e evitando acúmulo de sujeiras e materiais descartados;
- Limpar o café de todo o material da casca (mais de 90% dos fungos se desenvolve na superfície externa de grãos torrados ou danificados) e remover grãos com defeitos;
- Usar embalagens ou equipamentos higienizados para armazenagem e transporte de grãos secos limpos;
- Separar grãos secos do material descartado e não armazenar grãos verdes limpos e secos próximos a resíduos e materiais descartados;
- Prevenir a recontaminação, evitando o contato dos grãos verdes limpos com casca, pó e embalagens danificadas;
- Procurar atingir valores uniformes de umidade em toda massa de grão, porém não mais que 12 ou 13% b.u., e monitorar este valor por meio de um método padrão, como método de estufa a 105°C/24 horas (BRASIL, 1992), ou usando equipamento calibrado pelo método padrão.

Segundo Bucheli & Taniwaki (2002), a formação de OTA pode ser minimizada pelo emprego das boas práticas agrícolas e subsequente aplicação de técnicas apropriadas de secagem, classificação, transporte e armazenamento do café.

É importante ressaltar que, em geral, estes cafés permanecem armazenados em Cooperativas ou nos portos até o transporte para os países importadores em *containers*, onde o risco de reumidificação da massa de grãos é elevado. Esta etapa, provavelmente, contribui para a proliferação de fungos e para a presença de OTA no café, podendo representar outro ponto crítico de controle na cadeia produtiva do café.

5.0. CONCLUSÃO

- Nas regiões com características ambientais semelhantes à da Zona da Mata Mineira, em que a umidade relativa do ar ambiente é bastante elevada e as temperaturas normalmente mais baixas, os métodos empregados para a secagem dos cafés, como o terreiro de cimento, não são muito adequados. Outros sistemas, como a secagem combinada, seriam uma opção tecnológica para a melhoria da qualidade destes cafés e para a redução do risco de desenvolvimento de fungos toxigênicos, principalmente durante o armazenamento destes produtos.
- O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente durante a secagem e armazenamento e o controle rigoroso do teor de água e da atividade de água dos grãos, principalmente durante o armazenamento são necessários para garantir a segurança do produto.

CONCLUSÃO GERAL

- A aplicação dos princípios do sistema APPCC no processamento pós-colheita do café permitiu concluir que é possível garantir a segurança do produto em relação à presença de OTA, adotando-se os procedimentos de BPA e POPH, da colheita ao beneficiamento do café na fazenda.
- A prevenção é a melhor maneira de inibir o crescimento dos fungos e a produção de micotoxinas no café sujeito à contaminação por estes microrganismos e substâncias.
- As etapas de secagem e armazenamento foram identificadas como pontos críticos de controle, sendo que o monitoramento do teor de água, da temperatura e da atividade de água da massa de grãos de café e das condições ambientais, tanto na secagem quanto no armazenamento, é fundamental para se evitar a ocorrência de OTA nestes produtos.
- A adoção de BPA e POPH é uma maneira efetiva para o controle da proliferação de fungos produtores de OTA no café destinado à exportação para países da Comunidade Européia, Japão e Estados Unidos e ao mercado interno. Desta forma, o produtor será capaz de evitar as barreiras sanitárias impostas ao comércio do café pelos países importadores, comercializar um produto de qualidade superior, agregar valor a seu produto e atender às exigências do mercado em relação à qualidade e segurança do café.
- A verificação do plano APPCC elaborado é importante para comprovar a efetividade das medidas preventivas, ações corretivas e procedimentos de monitoramento adotados nesse plano.
- Estudos envolvendo as etapas de armazenamento do café nas Cooperativas até comercialização e o transporte do produto, tanto para o mercado externo quanto para o mercado interno, seria um próximo passo para identificação de pontos críticos de controle em relação à presença de OTA no produto nas etapas subsequentes à pós-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIC – Associação Brasileira de Indústria do Café – O café brasileiro na atualidade, 2008. Disponível em: www.abic.com.br/scafe_historia.html. Acesso em: Março de 2008.
- AFONSO JÚNIOR, P. C. Aspectos físicos, fisiológicos e de qualidade do café em função da secagem e do armazenamento. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais, 2001, 356p.
- ALVES, W. M.; FARONI, L. R. D.; CORREA, P. C.; PARIZZI, F. C., PIMENTEL, M. A. G. Influência do pré-processamento e do período de armazenamento na perda de matéria seca em café (*Coffea arabica* L.) beneficiado. Revista Brasileira de Armazenamento. Especial – Café, N. 7, p. 122 – 127, 2003.
- ARORA, D. K.; MUKERJI, K. G.; MARTH, E. H.; Handbook of Applied Mycology – Foods and feeds. v. 3, Editora Marcel Dekker, INC, New York, USA, 1991, 621p.
- BAKKER – ARKEMA, F. W. Grains and grain quality. In: BAKKER – ARKEMA, F. W.; DEBAERDEMAEKE, J.; AMIRANTE, P.; RUIZ – ALTISENT, M.; STUDMAN, C. J. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Agro-Processing Engineering. v. 4, ASAE, USA, 1999, 527p.
- BEUX, M. R. Café – Estudo de biodiversidade microbiana de frutos de café do Brasil, seleção de cepas de leveduras e bactérias lácticas com ação fungistática contra *A. ochraceus* produtor de ocratoxina A. Tese de doutorado. Universidade federal do Paraná, Curitiba – PR, 2004, 125p.
- BEUX, M. R.; SOCCOL, C. R. Microbiota isolada durante as fases de pré e pós-colheita dos grãos de café associada à qualidade e sanidade da bebida. B. CEPPA, Curitiba, V. 22, N. 1, p. 155-172, 2004.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 9 de 24 de março de 2000. Métodos analíticos de referência para análise de micotoxinas em produtos, subprodutos e derivados de origem vegetal. 2000.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 8 de 11 de junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. 2003.
- BUCHELI, P.; TANIWAKI M. H. Research on the origin, and on the impact of post-harvest handling and manufacturing on the presence of ochratoxin A in coffee. Food Additives and Contaminants, v. 19, n. 7, p. 655-665, 2002.

- CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.18, n.187, p.5-20, 1997.
- CASTILHO, J. A. B. Metodologias técnicas e gerenciais capazes de ajudar na prevenção da ocratoxina A ao longo de toda a cadeia produtiva do café. Revista Brasileira de Armazenamento. Especial, v. 2, p.11-21, 2001.
- CHALFOUN, S. M.; CORRÊA, T. B. Micotoxinas em café – Riscos e controle. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil. 1999.
- CODEX, 2003a. *Codex Alimentarius*. Recommended International Code of Practice General Principles of Food Hygiene, CAC/RCP 1 – 1969, Rev 4, 2003, 31p.
- CODEX, 2003b. *Codex Alimentarius*. Code Of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals, including annexes on Ochratoxin A, Zearalenone, Fumonisin And Tricothecenes, CAC/RCP 51, 2003, 8p.
- CORRÊA, T. B. S.; SILVA, O. F. Sistema APPCC e a prevenção de ocratoxina a em café. Anais do Seminário internacional do agronegócio do café na Amazônia, p. 77-81, 2002.
- DHINGRA, O. D.; SINCLAIR, J. B. Basic Plant Pathology Method. 2nd ad. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA, 1995.
- DHINGRA, O. D. Ocratoxinas. Material didático da disciplina FIP 770, Micotoxinas em produtos agrícolas, p. 1-14, 2004.
- FAVETTO G.; RESNIK, S. L.; CHIRIFE, J. Sensor contamination with organic volatiles during water activity measurements with na eletric hygrometer. Journal of Food Science, v. 49, p. 514-515, 1984.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Good hygiene practices along the coffee chain. A training resource for coffee producing countries, CD-ROM, 2004.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Manual on the application of the HACCP system in Mycotoxin prevention and control, Roma, 118p, 2001.
- ICMSF. International Comission on Microbiological Specifications for Foods. Ecologia microbiana de los alimentos 1 – Fatores que afectan a La supervivência de los microorganismos em los alimentos. Vol. 1. Editora Acribia , Zaragoza , Espanha, 332p,1980.
- JAYAS, D. S., WHITE, N. D. G. Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches. Food Control v.14, p. 255-261, 2003.

- NACMCF – National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. Hazards Analysis and Critical Control Points Principles and Application Guidelines. Journal of Food Protection, v. 61, n.6, p. 762 – 775, 1998.
- MARQUES, B. Regiões produtoras de café no Brasil, 2005. Disponível em: www.revistacefeicultura.com.br/index?tipo=ler&mat=3348. Acesso em: Março de 2008.
- NAVARRO S.; NOYES, R. T.; ARMITAGE, D.; MAIER, D. E.; The mechanics and physics of modern grain aeration management. In: Chapter 1: Objectives of Aeration. Ed. CRC Press, 2001, 624p.
- OIC – Organização Internacional do Comércio. Revisão do Regulamento CE com respeito à ocratoxina A (OTA) e outros contaminantes, 2007. Disponível em: www.ico.org/documents. Acesso em agosto de 2007.
- OIC – Organização Internacional do Comércio. Decisões adotadas (260) – Junta Executiva 260ª reunião, Londres, Inglaterra, 2006.
- OIC – Organização Internacional do Comércio. Regulamento (CE) Nº 123/2005. Jornal Oficial de União Européia, Bruxelas, Bélgica, 2005. Disponível em: www.ico.org/documents. Acesso em agosto de 2007.
- OLSEN, M.; JONSSON, N.; MAGAN, N.; BANKS, J.; FANELLI, C.; RIZZO, A.; HAIKARA, A.; DOBSON, A.; FRISVAD, J.; HOLMES, S.; OLKKU, J.; PERSSON, S.; BÖRJESSON, T. Prevention of ochratoxin A in cereals. OTA PREV. Quality of Life and Management of Living Resources. Final Report, 2003, 158p.
- ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L.; FILHO, P. F. Café: (Re) Conquista dos mercados. BNDES Setorial, N.10, p.3–56, 1999. Disponível em: www.bndes.gov/conhecimento/bnset/set1001.pdf Acesso em novembro/2004.
- PALACIOS-CABRERA, H.; TANIWAKI, M. H.; MENEZES, H. C.; IAMANAKA, B. T. The production of ochratoxin A by *Aspergillus ochraceus* in raw coffee at different equilibrium relative humidity and under alternating temperatures. Food Control, v.15, p. 531-535, 2004.
- PARIZZI, F. C. Incidência de fungos da pré-colheita ao armazenamento de café. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais. 82p., 2005.
- PATEL, S., HAZEL, M., WINTERTON, A. G. M., GLEADLE, A. E.. Survey of ochratoxin A in UK retail coffees. Food Additives and Contaminants, v.14, n. 3, p. 217-222, 1997.
- PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Composição microbiana e ocratoxina A no café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes tempos de espera antes da secagem. Ciência e agrotecnologia, v. 27, n.6, p. 1315 - 1320, 2003.

- POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ROMANIELLO, M. M.; ALVARENGA, M. I. N. A qualidade do café e opções para o consumo. 174p. Belo Horizonte, EPAMIG, 2000.
- PRIOR, B. A.. Measurement of water activity in foods: a review. *Journal of Food Protection*, v. 2, n. 8, p. 668-674, 1979.
- RIGUEIRA, R. J. A. Avaliação da qualidade do café processado por via úmida durante as operações de secagem e armazenagem. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – Minas Gerais. 67p., 2005.
- SABIONE, P. M.; FARIA, M. N.; HARA, T. determinador de umidade de grãos experimental – EDABO. In: Congresso Brasileiro de Engenharia agrícola, Fortaleza – CE, 1984, 62 p.
- SBCTA. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle. Campinas, SP: SBCTA, 2ª edição, 1995.
- SCUSSELL, V. M. Micotoxinas em alimentos. Editora Insular. Florianópolis - SC, 1998, 144p.
- SILVA, J. S.; SAMPAIO, C.P.; MACHADO, M. C.; LO MONACO, P. A. Secagem e Armazenagem do café: Tecnologias e custos. IN: Preparo, secagem e Armazenagem. 1a. edição. Editora Jard. Viçosa, Minas Gerais, 2001.
- SILVA, J. S. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000, 502p.
- SILVA, J. S. Colheita, secagem e armazenagem do café. In: I Encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Fitopatologia, p. 39-80, 1999.
- SUÁREZ-QUIROZ, M. L., GONZÁLES-RIOS, O., BAREL, M., GUYOT, B., SCHORI-GALINDO, S., GUIRAUD, J. P. Effect of chemical and environmental factors on *Aspergillus ochraceus* growth and toxigenesis in green coffee. *Food Microbiology*, v. 21, p. 629-634, 2004.
- TANIWAKI, M. H., PITT, J. I., TEIXEIRA, A. A., IAMANAKA, B. T. The source of ochratoxin A in Brazilian coffee and its formation in relation to processing methods. *International Journal of Food Microbiology*, v. 8, p. 173-179, 2003.
- VAN DER STEGEN, G. H. D. Enhancement of coffee quality by mould prevention. *Food control*, v. 14, p. 245-249, 2003.
- VIANI R. Effect of processing on ochratoxin A (OTA) content of coffee. *Mycotoxins and Food Safety*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.
- WALKER, R.; LARSEN, J. C. Ochratoxin A: previous risk assessments and issues arising. *Food Additives and Contaminants*, v. 22 Suppl. 1, p. 6-9, 2005.

ANEXO I

**Dados das condições ambientais durante a secagem nas regiões de Ibituruna,
Coromandel, Araçuaia e Ervália**

TABELA 30 - Dados das condições climáticas (UR% e T°C) das regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga, Ervália durante a realização dos experimentos

REGIÃO	DIA	TESTE 1		TESTE2	
		UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)
Ibituruna	1	x	24,3	69,7	19,2
	2	81,3	16,5	70,3	20,9
	3	68,3	19,0	92,7	19,1
	4	67,3	19,3	83,7	18,0
	5	76,3	18,5	85,7	19,0
	6	65,0	19,6	84,3	16,3
	7	68,3	19,8	67,7	20,9
	8	83,3	19,5	76,3	22,5
	9	x	20,6	69,3	22,1
	10	70,7	20,3	70,3	21,2
	11	76,7	20,3	70,7	20,6
	12	76,0	20,1	74,3	18,0
	13	68,3	21,6	80,7	17,3
	14	73,3	20,5	69,7	19,2
	15	71,1	19,8	70,3	20,9
	16	65,7	22,6	63,7	15,6
	17	75,3	20,0	53,7	16,5
Coromandel	1	49,0	24,2	61,7	19,5
	2	50,7	24,6	56,0	20,6
	3	52,5	22,3	61,3	21,5
	4	54,7	22,6	59,0	20,6
	5	59,7	21,7	60,7	21,3
	6	62,5	21,6	63,3	20,8
	7	61,3	21,3	72,3	20,0
	8	57,3	22,8	71,3	17,1
	9	56,0	22,8	59,0	18,0
	10	60,7	20,2	56,3	18,0
	11	60,7	22,7	53,7	17,4
	12	54,7	21,8	50,5	18,1
	13	53,7	20,7	50,0	18,1
	14	52,3	20,8	44,3	20,6
	15	57,0	19,7	46,0	20,5
	16	60,3	21,4	51,7	17,8
	17	74,3	19,6	45,8	20,9
	18	x	x	43,8	22,0
	19	x	x	48,8	20,3
	20	x	x	43,0	23,3

TABELA 30 - Continuação

REGIÃO	DIA	TESTE 1		TESTE2	
		UR (%)	T (°C)	UR (%)	T (°C)
Araponga	1	79,3	21,3	74,3	21,2
	2	80,0	21,5	78,0	19,9
	3	74,3	20,0	77,0	19,8
	4	68,7	21,7	74,0	21,3
	5	86,3	20,3	74,3	20,6
	6	70,3	21,8	70,3	21,4
	7	75,7	20,6	71,3	20,2
	8	87,7	20,5	77,7	19,1
	9	55,7	17,1	74,3	20,0
	10	81,0	15,5	73,3	21,2
	11	94,3	16,2	71,7	22,0
	12	91,7	17,7	80,3	19,8
	13	90,0	18,1	73,3	18,8
	14	77,3	20,8	73,7	19,4
	15	75,3	21,2	76,3	20,6
	16	90,3	18,2	68,7	20,4
	17	72,3	17,8	66,3	20,5
	18	74,0	17,9	73,0	21,2
	19	69,3	17,2	x	x
	20	75,0	18,6	79,3	17,1
	21	78,7	17,5	85,0	15,6
	22	72,3	18,6	73,0	14,7
Ervália	1	70,0	21,4	79,7	19,8
	2	88,3	21,4	79,0	20,1
	3	61,3	18,8	82,3	19,9
	4	83,0	15,7	72,0	19,1
	5	93,3	15,1	80,0	19,1
	6	90,0	17,3	77,0	21,0
	7	85,0	19,5	76,7	22,0
	8	82,3	20,6	81,3	17,8
	9	86,3	19,5	70,7	18,5
	10	92,7	17,8	90,0	17,0
	11	96,0	14,5	77,3	18,1
	12	89,0	17,5	x	x
	13	80,0	18,8	x	x
	14	77,3	18,4	x	x

ANEXO II

Curvas de secagem dos cafés Regiões de Ibituruna, Coromandel, Araçuaia e Ervália

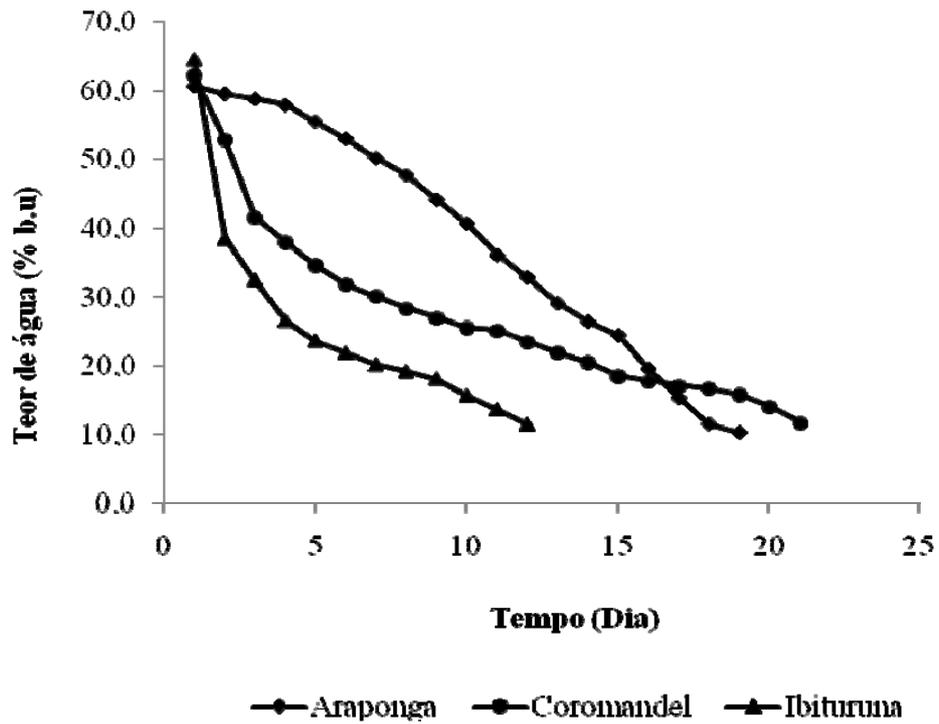


FIGURA 28 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento- Teste 2

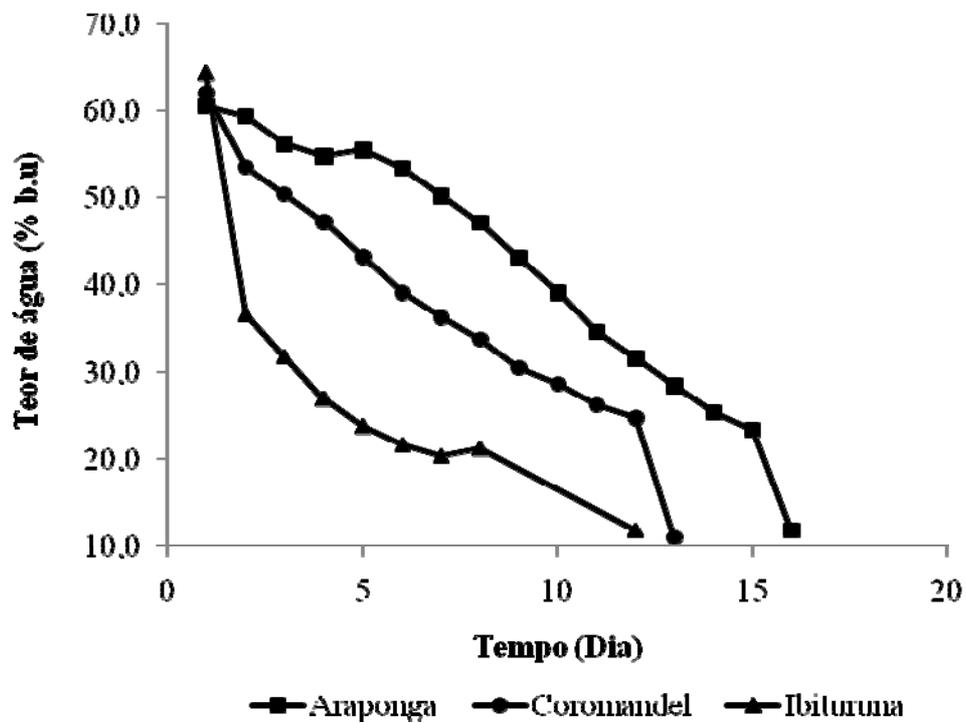


FIGURA 29 - Curva de secagem do café cereja secado em terreiro de cimento e secador mecânico- Teste 2

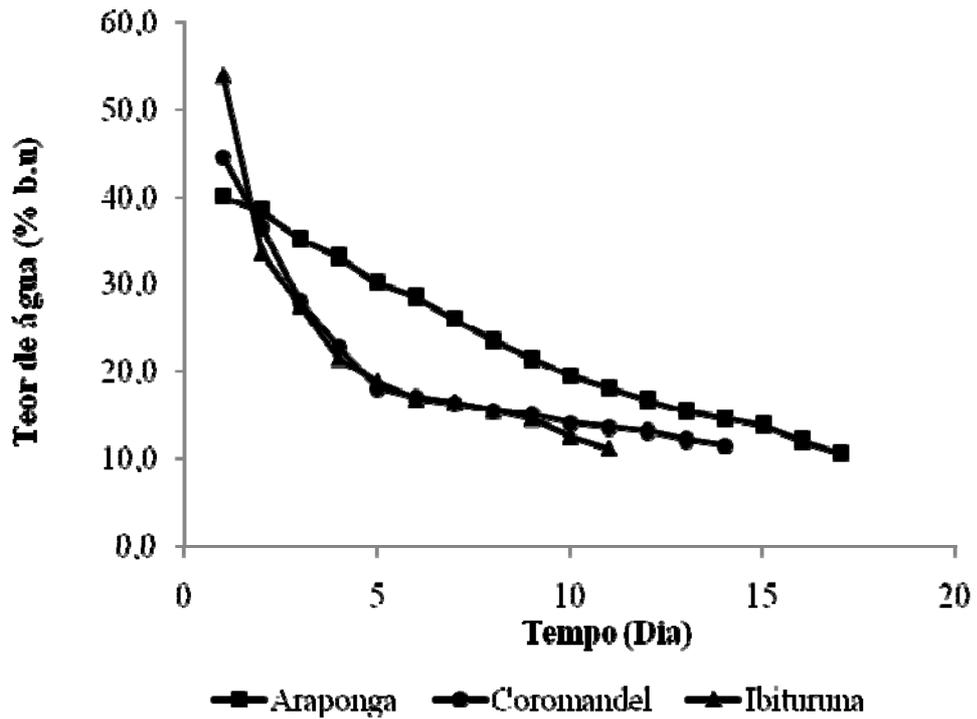


FIGURA 30 - Curva de secagem do café bóia secado em terreiro de cimento – Teste 2

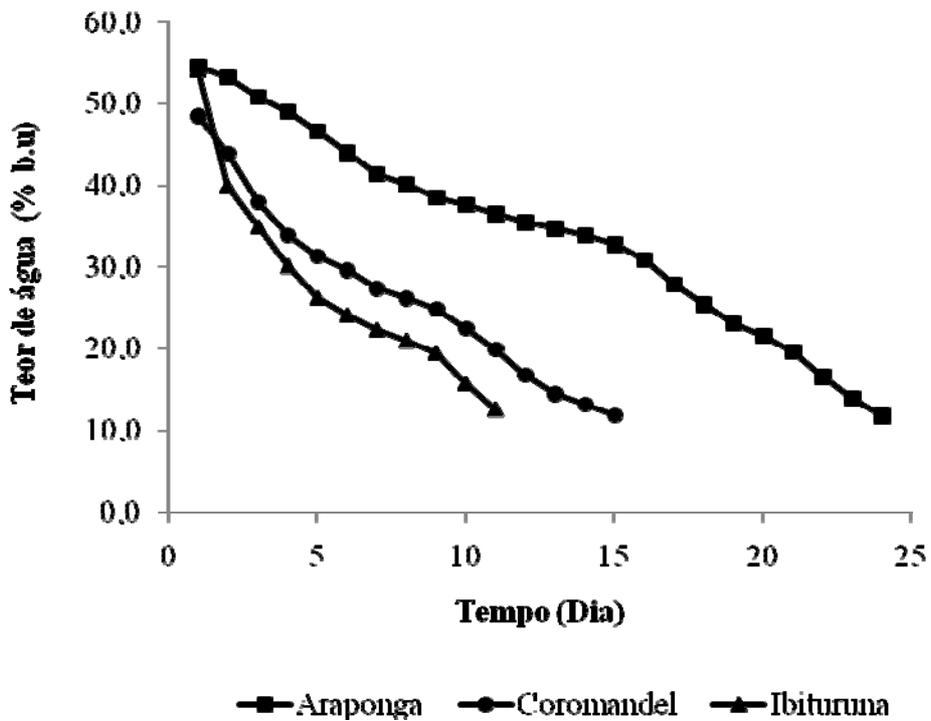


FIGURA 31 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro de cimento – Teste 2

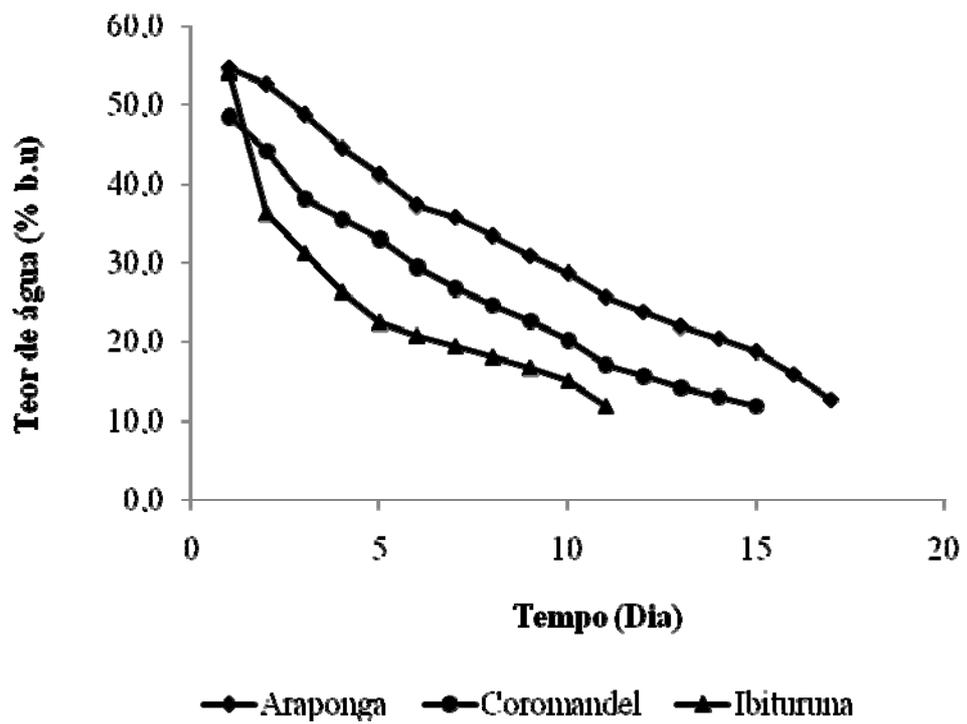


FIGURA 32 - Curva de secagem do café cereja descascado secado em terreiro suspenso- Teste 2

ANEXO III

Dados do monitoramento da atividade de água do produto durante a secagem nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália

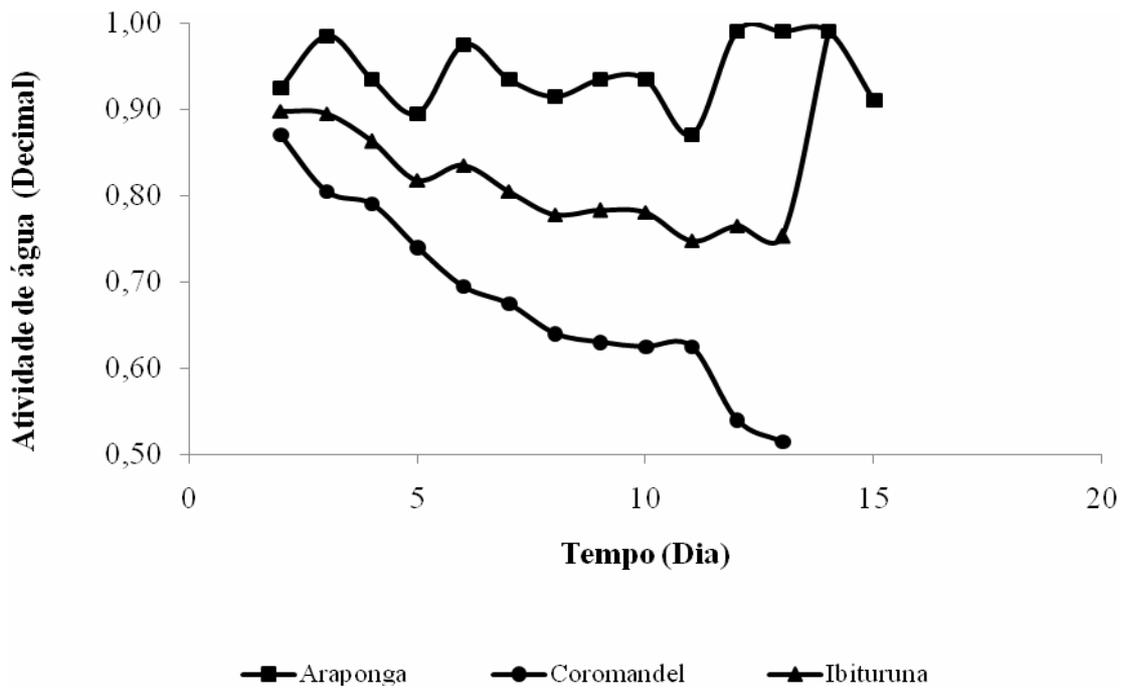


FIGURA 33 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1

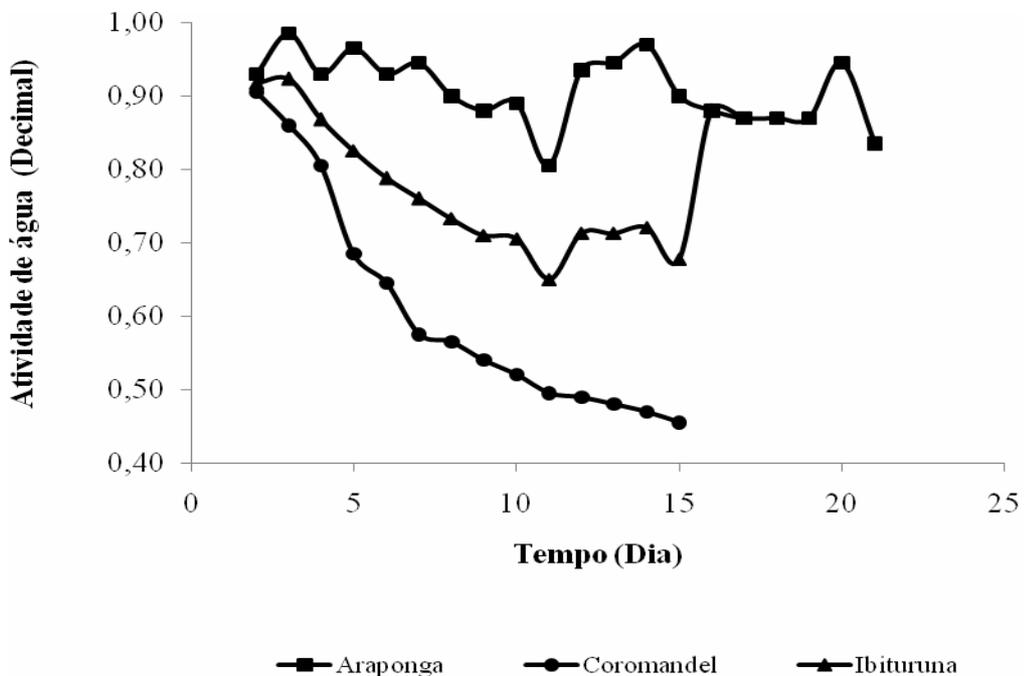


FIGURA 34 - Valores de atividade de água do café bôia durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1

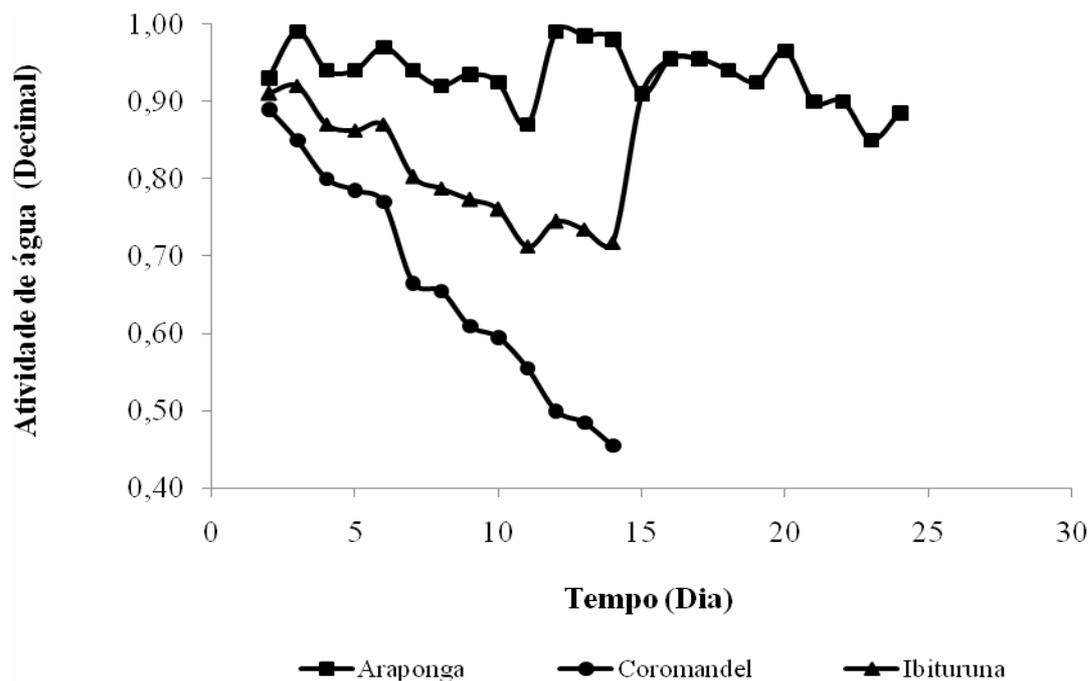


FIGURA 35 - Valores de atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 1

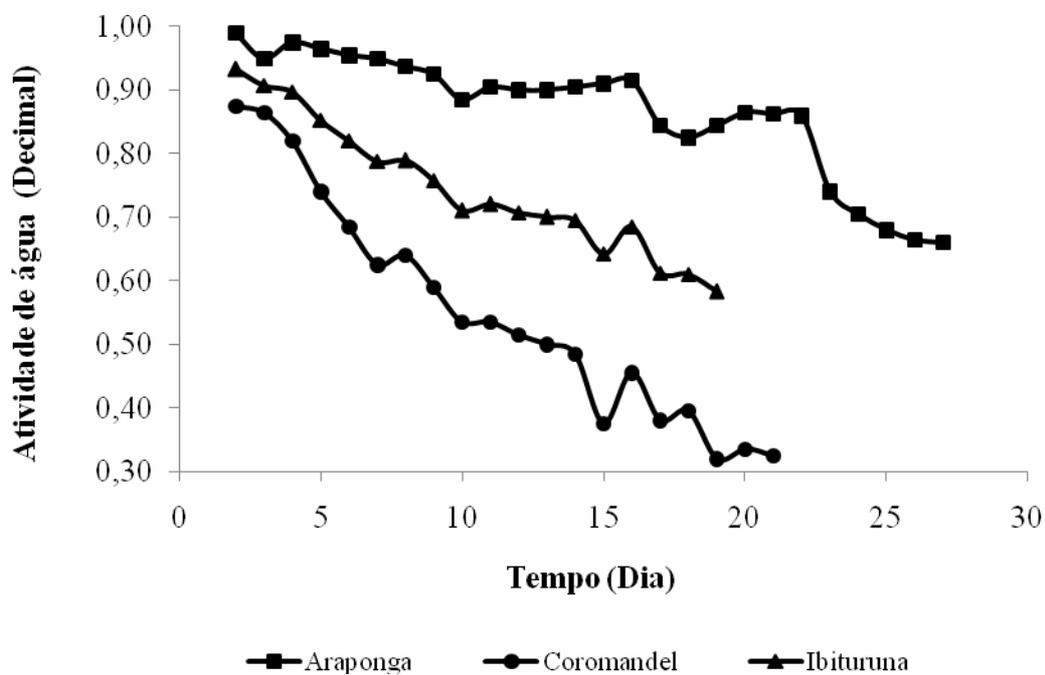


FIGURA 36 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2

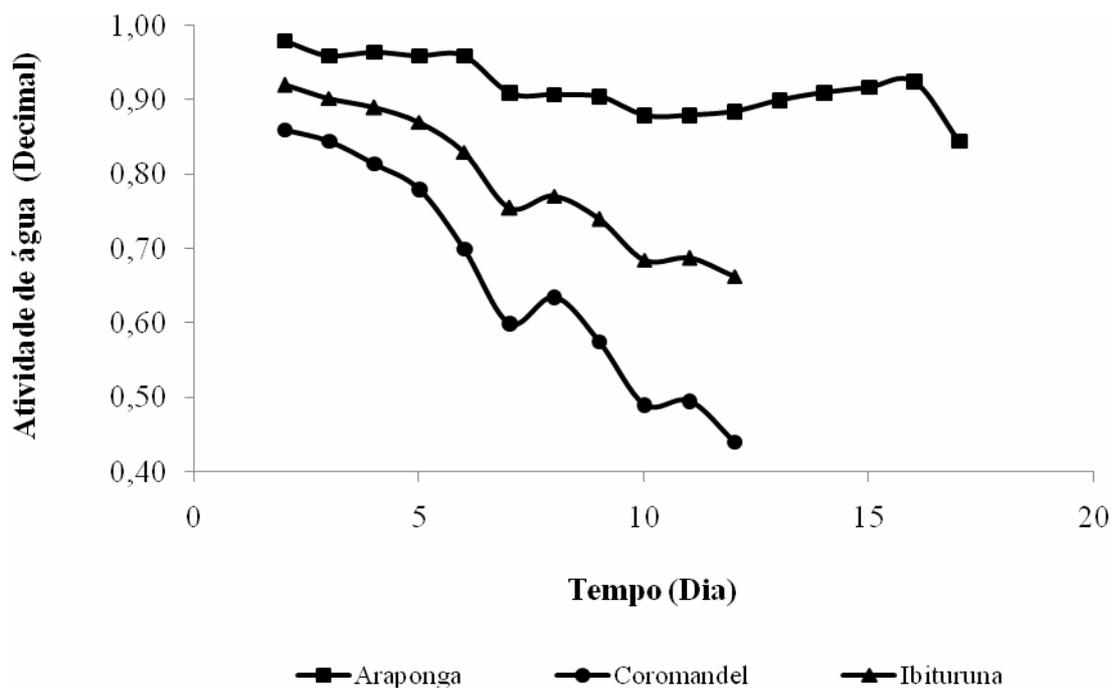


FIGURA 37 - Valores de atividade de água do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2

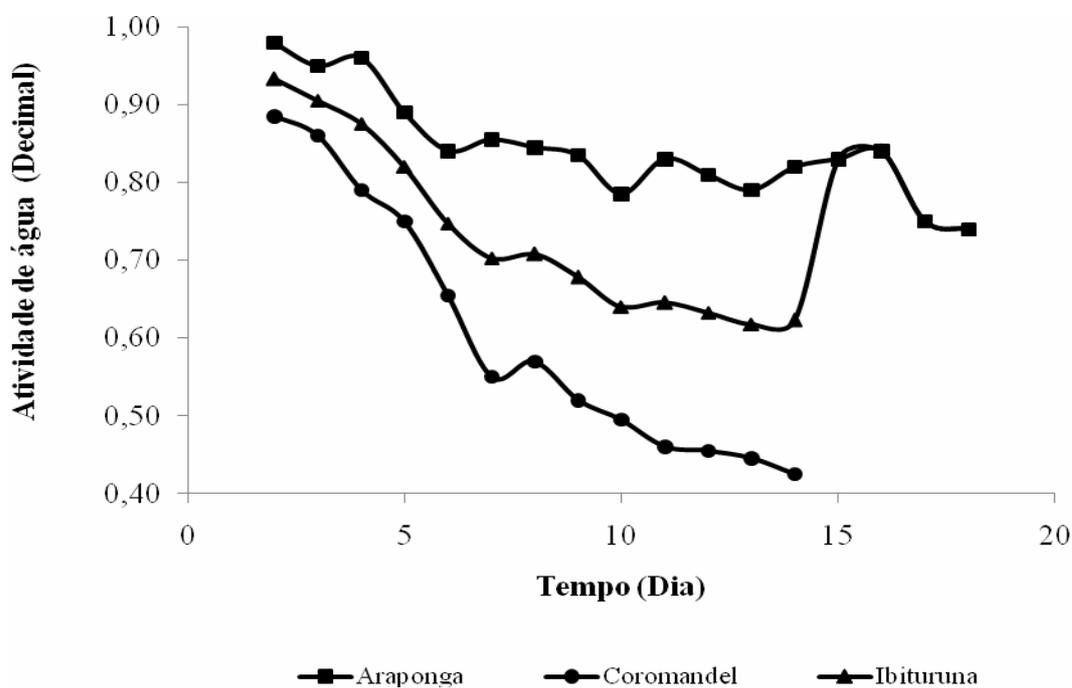


FIGURA 38 - Valores de atividade de água do café búa durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2

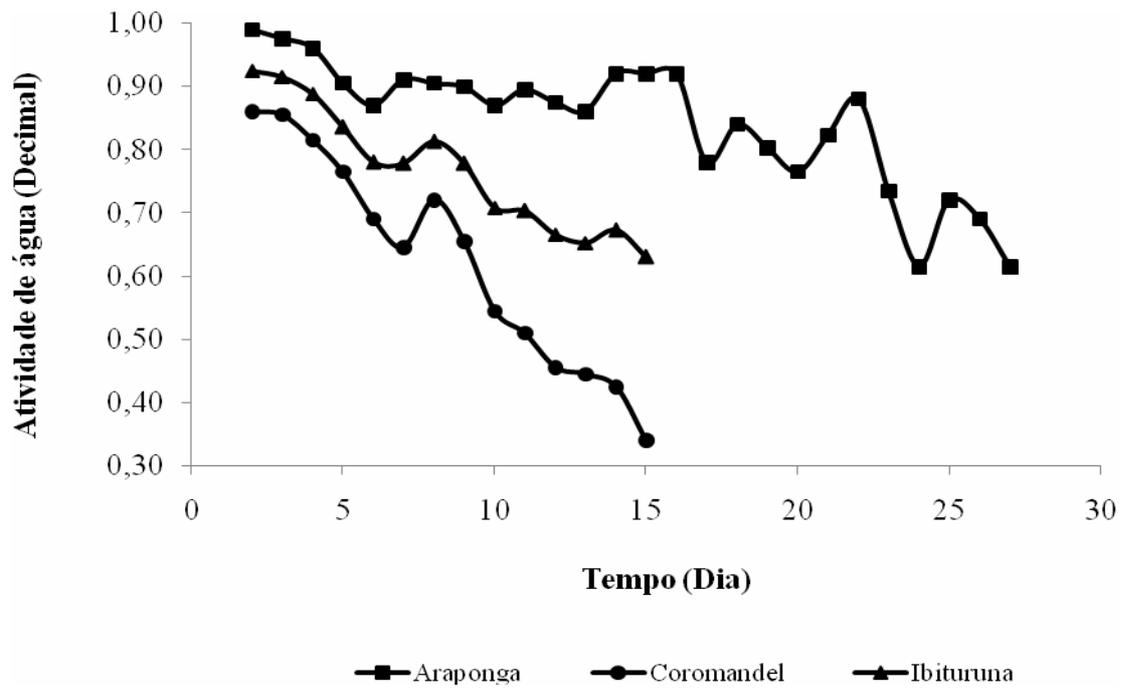


FIGURA 39 - Valores de atividade de água do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga – Teste 2

ANEXO IV

Dados do monitoramento da temperatura do produto durante a secagem nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araçuaia e Ervália

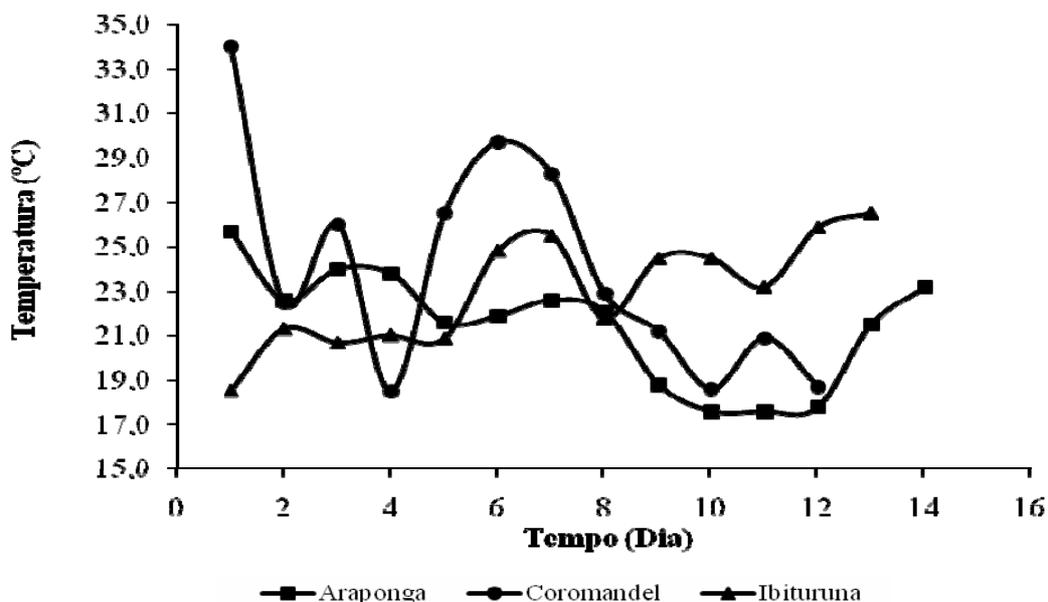


FIGURA 40 - Valores da temperatura do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga- Teste 1

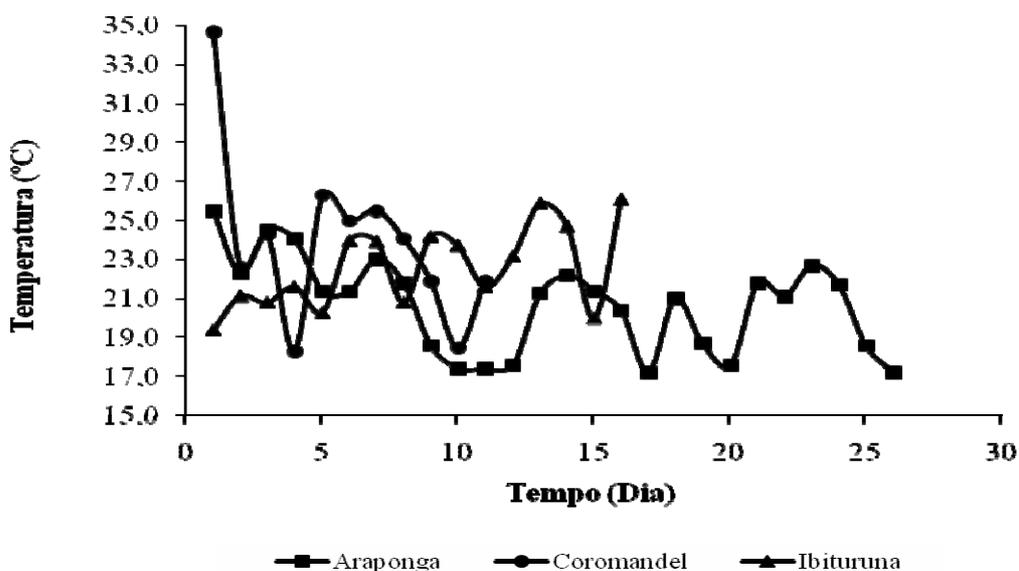


FIGURA 41 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro de cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel e Araponga- Teste 1

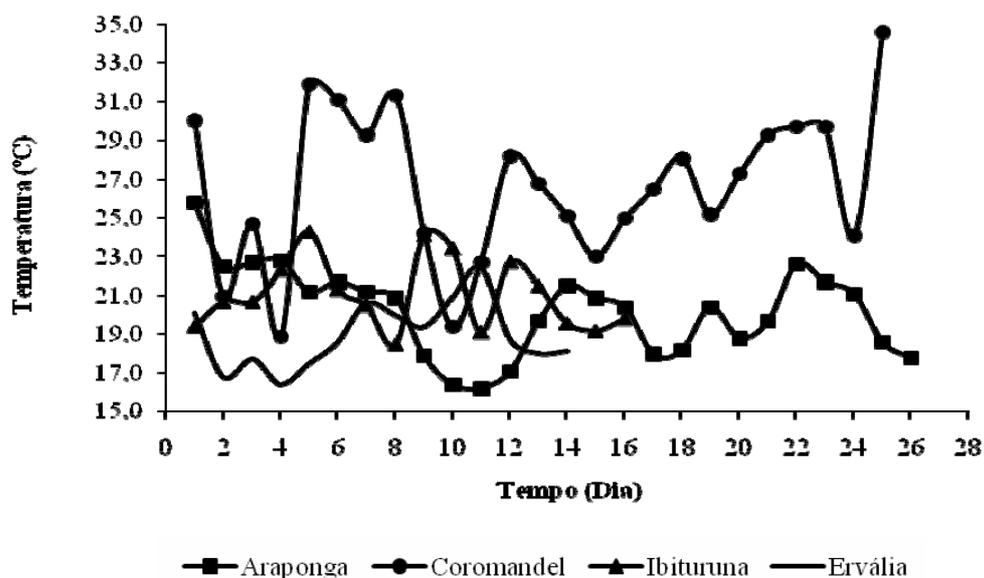


FIGURA 42 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália – Teste 1

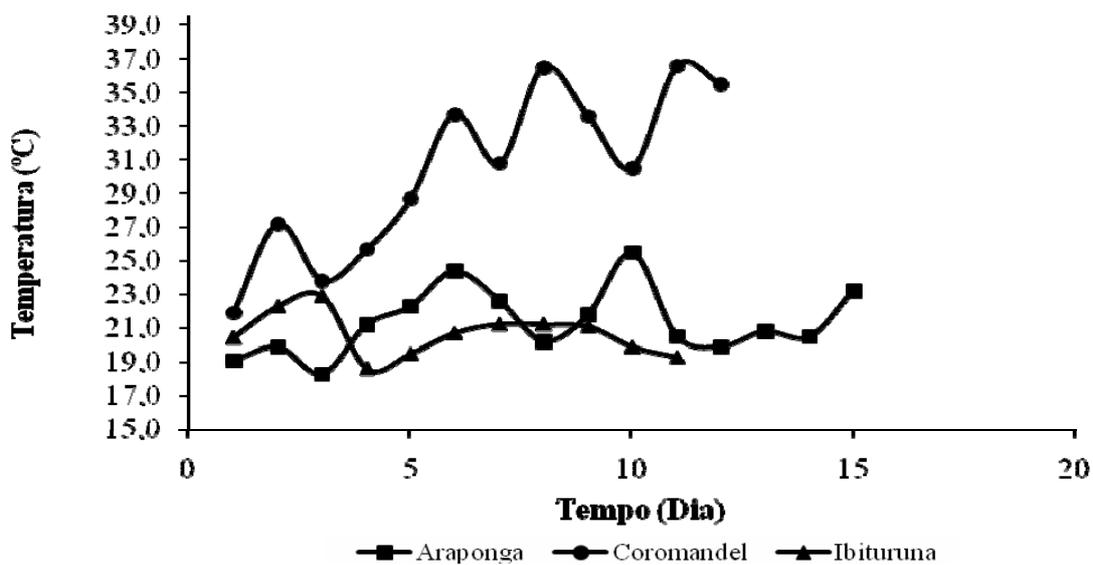


FIGURA 43 - Valores da temperatura do café cereja durante a secagem em terreiro de cimento e secador mecânico nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga– Teste 2

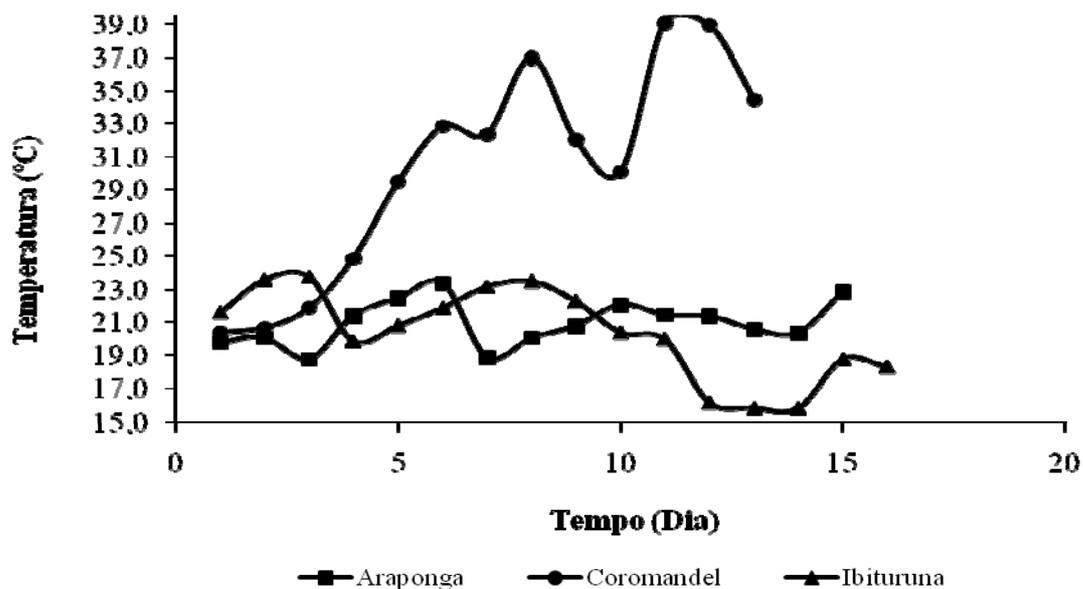


FIGURA 44 - Valores da temperatura do café bóia durante a secagem em terreiro cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália – Teste 2

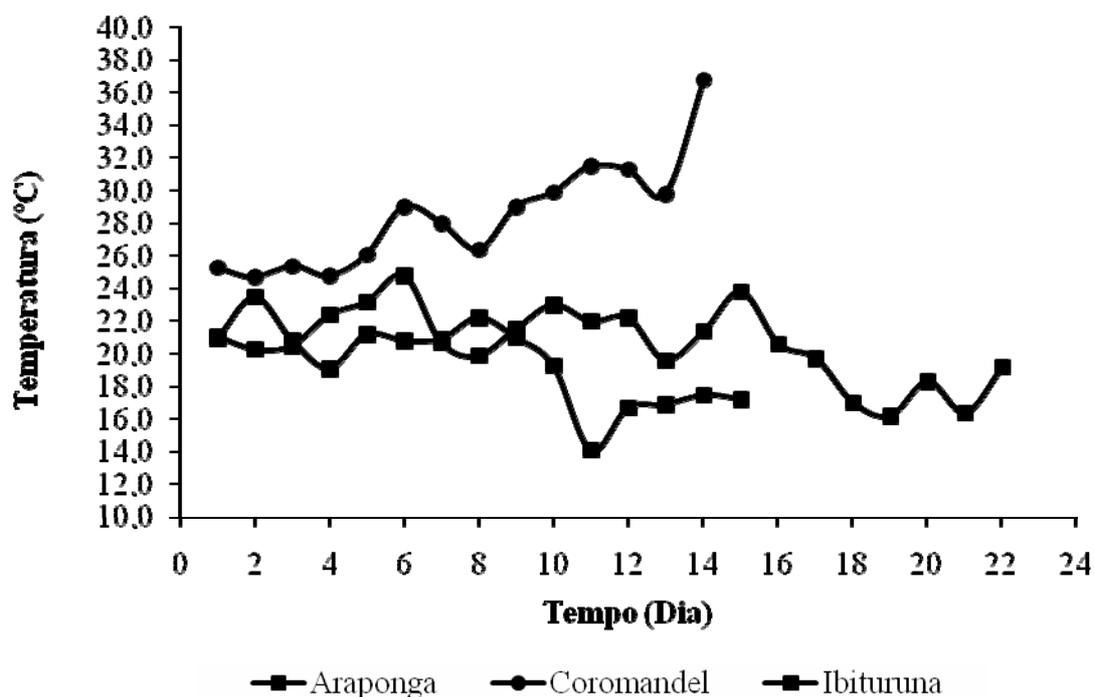


FIGURA 45 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro cimento nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga– Teste 2

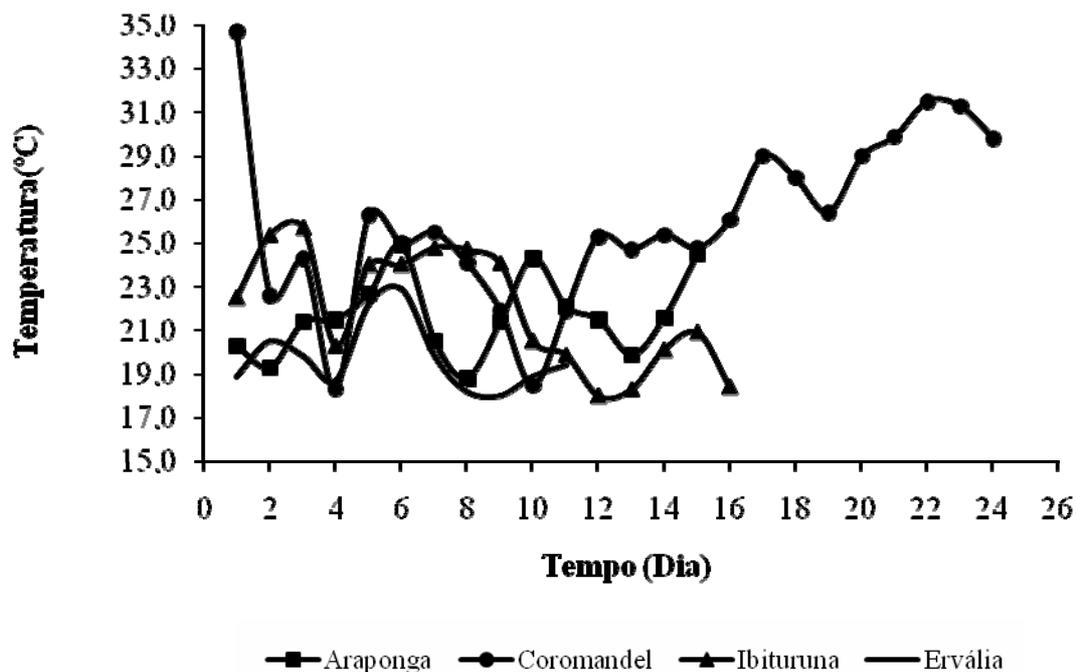


FIGURA 46 - Valores da temperatura do café cereja descascado durante a secagem em terreiro suspenso nas regiões de Ibituruna, Coromandel, Araponga e Ervália – Teste 2

ANEXO V

**Dados da contaminação fúngica do café nas regiões de Ibituruna, Coromandel,
Araponga e Ervália**

TABELA 31 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café bóia, por região, no início do processo de secagem – Teste 1

Região	Amostra	Contagem de microrganismos								OTA
		Leveduras	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Cladosporium sp.</i>	
Ibituruna	Casca e polpa (UFC/g)	3,3 x 10 ⁵	ND	ND	ND	ND	ND	5,4 x 10 ³	1,5 x 10 ²	>0,20µg/kg*
	Grãos (% infectados)	ND	1,1	ND	ND	ND	6,7	13,8	16,9	>0,20µg/kg*
Coromandel	Casca (UFC/g)	4,9 x 10 ⁶	ND	ND	ND	ND	2,0 x 10 ⁴	6,0 x 10 ⁵	1,2 x 10 ⁶	>0,20µg/kg*
	Polpa (UFC/g)	1,0 x 10 ⁵	ND	ND	ND	3,0 x 10 ⁴	1,3 x 10 ³	2,0 x 10 ⁶	1,2 x 10 ⁴	>0,20µg/kg*
	Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	1	21,3	37,8	7	>0,20µg/kg*
Araponga	Casca (UFC/g)	3,0 x 10 ⁶	ND	ND	ND	ND	ND	1,1 x 10 ⁴	2,8 x 10 ⁴	>0,20µg/kg*
	Polpa (UFC/g)	6,6 x 10 ⁶	ND	ND	ND	2,1 x 10 ⁴	ND	1,4 x 10 ⁴	2,1 x 10 ³	>0,20µg/kg*
	Grãos (%infectados)	ND	0,3	ND	ND	ND	ND	55	0,7	>0,20µg/kg*
Ervália	Casca (UFC/g)	3,9 x 10 ⁵	ND	ND	3,3 x 10 ⁴	5,3 x 10 ³	2,0 x 10 ⁴	3,5 x 10 ⁶	1,0 x 10 ⁵	>0,20µg/kg*
	Polpa (UFC/g)	3,4 x 10 ⁶	ND	ND	1,4 x 10 ⁴	3,3 x 10 ³	1,5 x 10 ⁴	1,2 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁴	>0,20µg/kg*
	Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	2,3	9	17	33	9,3	>0,20µg/kg*

TABELA 32 - Resultado da contaminação fúngica e da presença de OTA no café bóia, por região ao término da secagem em terreiro de cimento – Teste 1

Região	Porcentagem de grãos infectados (%)						OTA
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Cladosporium sp.</i>	
Ibituruna	33	ND	ND	ND	3	ND	>0,20µg/kg*
Coromandel	1	1	ND	ND	3	ND	>0,20µg/kg*
Araponga	20	1	ND	ND	2	2	>0,20µg/kg*

* Limite de detecção do método (BRASIL, 2000); ** ND: Não detectado

TABELA 33 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia coletado no início do processo de secagem em Ibituruna – Teste 2

Tipo de café	Amostra	Local	Contagem de microrganismos								OTA
			Leveduras	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	
Cereja	1)	Casca e polpa (UFC/g)	90	ND	ND	ND	ND	4	33	20	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	33,8	ND	ND	ND	5,4	79,7	13,5	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	1,5 x 10 ³	ND	2	ND	ND	4	76	49	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	6,5	ND	ND	ND	50	50	61,3	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa (UFC/g)	2,0 x 10 ²	ND	ND	ND	ND	2	73	49	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	34,8	ND	ND	ND	8,7	34,7	X	>0,20µg/kg*
Bóia	1)	Casca e polpa (UFC/g)	60	ND	ND	ND	ND	ND	1,2 x 10 ²	X	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	X	ND	ND	ND	ND	81,8	40,9	93,9	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	1,7 x 10 ²	ND	1	ND	ND	ND	7,9 x 10 ²	X	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	68,2	1,0 x 10 ²	97	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa (UFC/g)	40	1	ND	ND	ND	ND	30	X	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	61,8	58,8	83,8	>0,20µg/kg*

TABELA 34 - Resultados da contaminação fúngica nos grãos de café cereja, cereja descascado e bóia ao término da secagem em Ibituruna – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)					OTA
		<i>Fusarium</i> sp	<i>A.glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>Penicillium</i> sp	<i>Cladosporium</i> sp	
Cereja	Terreiro de cimento	1	1	ND	1	ND	>0,20µg/kg*
	Terreiro de cimento e Secador mecânico	1	ND	ND	ND	ND	>0,20µg/kg*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	4	ND	ND	ND	3	>0,20µg/kg*
	Terreiro suspenso	2	ND	ND	1	ND	>0,20µg/kg*
Bóia	Terreiro de cimento	33	ND	ND	3	ND	>0,20µg/kg*

* Limite de detecção do método (BRASIL, 2000); ** ND: Não detectado.

TABELA 35 - Resultados da contaminação fúngica e a presença de OTA no café cereja e bóia coletado no início do processo de secagem na região de Coromandel – Teste 2

Tipo de café	Amostra	Local	Contagem de microrganismos								OTA
			Levedura	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	
Cereja	1)	Casca (UFC/g)	$3,0 \times 10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	$2,0 \times 10^3$	ND	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$2,3 \times 10^5$	ND	ND	ND	ND	$4,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	16	ND	ND	ND	2	27	3	4	>0,20µg/kg*
	2)	Casca (UFC/g)	$1,7 \times 10^4$	ND	ND	ND	ND	ND	$2,0 \times 10^3$	ND	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$2,5 \times 10^5$	ND	ND	ND	ND	$2,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	39	ND	ND	ND	ND	10	6	3	>0,20µg/kg*
	3)	Casca (UFC/g)	$9,0 \times 10^3$	ND	ND	ND	ND	$2,0 \times 10^3$	ND	ND	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$1,9 \times 10^5$	ND	ND	ND	ND	$1,0 \times 10^3$	$6,1 \times 10^4$	$4,0 \times 10^3$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	14	ND	ND	ND	ND	4	4	2	>0,20µg/kg*
Bóia	1)	Casca e polpa (UFC/g)	$3,1 \times 10^5$	ND	ND	ND	ND	$2,0 \times 10^3$	$2,1 \times 10^5$	$7,6 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	$4,6 \times 10^5$	ND	ND	ND	ND	ND	$1,4 \times 10^5$	$3,9 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	ND	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa (UFC/g)	$6,7 \times 10^6$	ND	ND	ND	ND	$2,1 \times 10^5$	$2,3 \times 10^6$	$8,6 \times 10^5$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	4	3	20	ND

TABELA 36 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, cereja descascado e bóia ao término do processo de secagem em Coromandel – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)				OTA
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	
Cereja	Terreiro de cimento	13	1	ND	ND	>0,20µg/kg*
	Terreiro de cimento e Secador mecânico	1	ND	ND	1	>0,20µg/kg*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	2	1	ND	ND	>0,20µg/kg*
	Terreiro suspenso	1	ND	ND	4	>0,20µg/kg*
Bóia	Terreiro de cimento	1	1	ND	3	>0,20µg/kg*

* Limite de detecção do método (BRASIL, 2000); ** ND: Não detectado

TABELA 37 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Araponga – Teste 2

Tipo de café	Amostra	Local	Contagem de microrganismos							OTA	
			Levedura	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.		<i>Cladosporium</i> sp.
Cereja	1)	Casca (UFC/g)	$2,7 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	$5,0 \times 10^4$	$5,6 \times 10^5$	$2,3 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$1,5 \times 10^6$	ND	ND	ND	ND	$1,4 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	ND	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	60	ND	ND	ND	ND	ND	4	ND	>0,20µg/kg*
	2)	Casca (UFC/g)	$5,1 \times 10^6$	ND	ND	ND	ND	$1,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$5,9 \times 10^6$	ND	ND	ND	ND	$1,0 \times 10^3$	ND	$2,0 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	52	ND	ND	ND	ND	27	4	13	>0,20µg/kg*
	3)	Casca (UFC/g)	$2,5 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	$1,0 \times 10^5$	$6,2 \times 10^4$	$3,0 \times 10^5$	>0,20µg/kg*
		Polpa (UFC/g)	$2,5 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	ND	$3,0 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	45	ND	ND	ND	ND	38	4	3	>0,20µg/kg*
Bóia	1)	Casca e polpa (UFC/g)	$2,5 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	$9,2 \times 10^6$	$4,2 \times 10^5$	$3,1 \times 10^6$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	X	ND	ND	ND	ND	7	37	ND	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	$3,1 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	$1,3 \times 10^6$	$3,5 \times 10^5$	$4,3 \times 10^5$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	7	ND	ND	ND	ND	6	41	1	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa (UFC/g)	$3,9 \times 10^7$	ND	ND	ND	ND	ND	$4,4 \times 10^5$	$1,8 \times 10^6$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	1	ND	ND	ND	ND	3	45	3	>0,20µg/kg*

TABELA 38 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja, cereja descascado e bóia ao término do processo de secagem em Araponga – Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)					OTA	
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	<i>Penicillium</i> sp.		<i>Cladosporium</i> sp.
Cereja	Terreiro de cimento	5	5	ND	1	ND	1	>0,20µg/kg*
	Terreiro de cimento e Secador mecânico	11	1	1	ND	4	1	>0,20µg/kg*
Cereja descascado	Terreiro de cimento	8	2	ND	ND	2	ND	>0,20µg/kg*
	Terreiro suspenso	1	3	ND	ND	ND	1	>0,20µg/kg*
Bóia	Terreiro de cimento	20	1	ND	ND	2	2	>0,20µg/kg*

* Limite de detecção do método (BRASIL, 2000); ** ND: Não detectado.

TABELA 39 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja e bóia no início do processo de secagem em Ervália – Teste 2

Tipo de café	Amostra	Local	Contagem de microrganismos								OTA
			Levedura	<i>A. carbonarius</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. flavus</i>	Outros <i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	
Cereja	1)	Casca e polpa (UFC/g)	$3,0 \times 10^4$	ND	ND	ND	ND	3	55	23	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	1,7	ND	ND	ND	5	20	ND	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	$4,0 \times 10^4$	ND	ND	ND	ND	3	39	25	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	1,7	1,7	ND	13,3	35	5	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa (UFC/g)	$6,2 \times 10^3$	ND	ND	ND	ND	1	43	36	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	33	26,7	8,3	>0,20µg/kg*
Bóia	1)	Casca e polpa(UFC/g)	$2,4 \times 10^2$	ND	ND	ND	ND	ND	$3,1 \times 10^2$	1	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	14,1	12,5	>0,20µg/kg*
	2)	Casca e polpa (UFC/g)	$1,1 \times 10^4$	ND	ND	ND	ND	ND	$1,1 \times 10^4$	$3,0 \times 10^2$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	3,3	ND	ND	ND	20	11,7	11,7	>0,20µg/kg*
	3)	Casca e polpa(UFC/g)	$9,8 \times 10^3$	ND	ND	ND	ND	ND	$4,9 \times 10^3$	$3,0 \times 10^2$	>0,20µg/kg*
		Grãos (% infectados)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	15,6	26,6	>0,20µg/kg*

TABELA 40 - Resultados da contaminação fúngica e da presença de OTA no café cereja descascado ao término do processo de secagem em Ervália– Teste 2

Tipo de café	Método de secagem	Porcentagem de grãos infectados (%)						OTA
		<i>Fusarium</i> sp	<i>A. glaucus</i>	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. niger</i>	<i>Penicillium</i> sp	<i>Cladosporium</i> sp	
Cereja descascado	Terreiro suspenso	1	2	2	1	33	1	>0,20µg/kg*

* Limite de detecção do método (BRASIL, 2000); ** ND: Não detectado

ANEXO VI

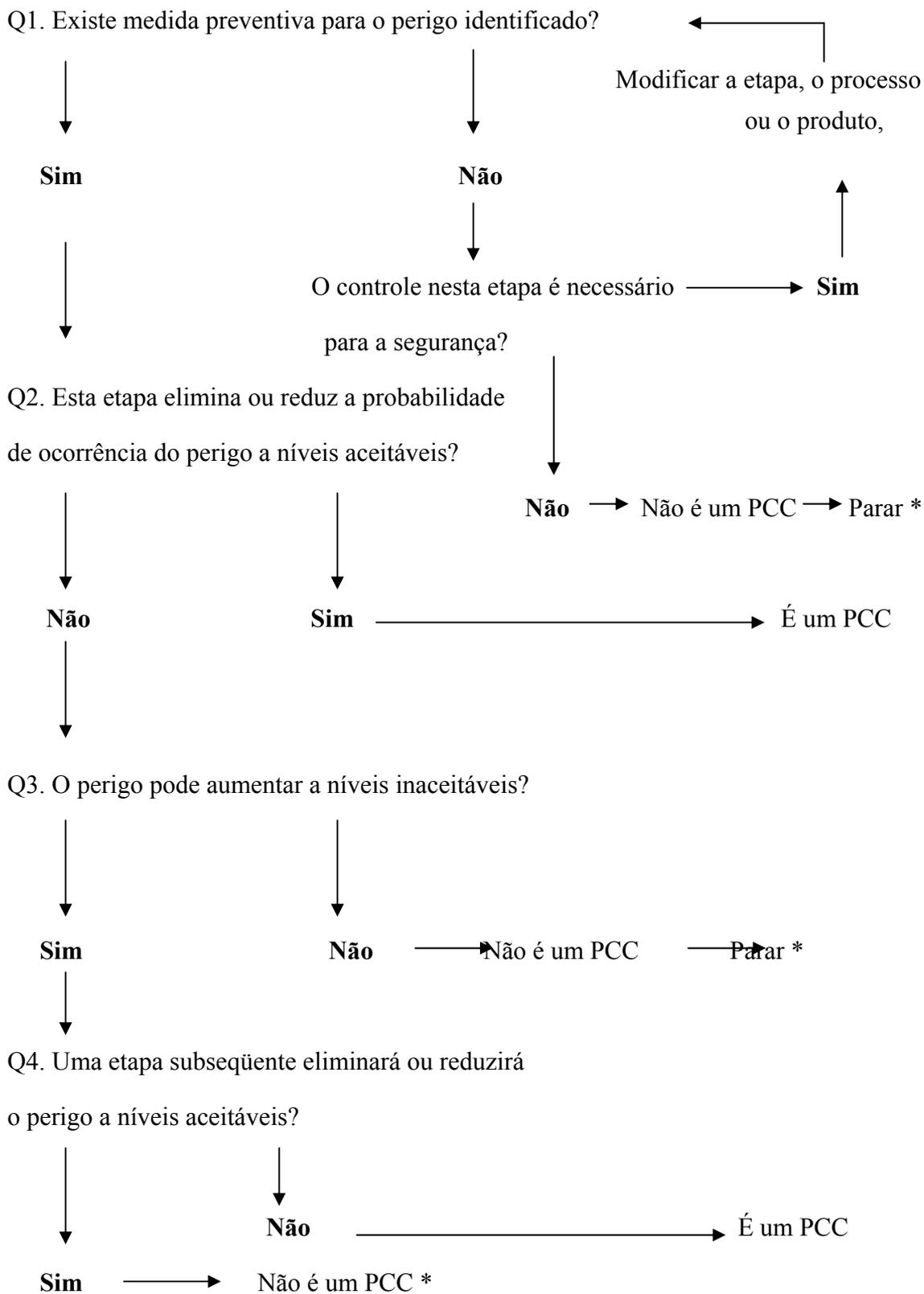
**Dados das condições ambientais durante a secagem e o armazenamento dos cafés
na região de Viçosa**

TABELA 41 - Dados das condições climáticas (UR% e T°C) na região de Viçosa durante as etapas de secagem e armazenamento dos cafés

ETAPA	DIA	UR (%)	T (°C)
Secagem	1	54,4	27,4
	2	70,0	21,0
	3	61,2	26,8
	4	70,5	22,2
	5	57,3	25,5
	6	70,0	21,5
	7	67,6	22,1
	8	60,0	22,5
	9	55,0	22,6
	10	60,5	22,2
	11	50,5	25,6
	12	58,7	23,3
	13	57,7	25,7
	14	x	x
	15	x	x
	16	54,4	27,4
Armazenamento	1	57,6	22,8
	15	64,2	21
	30	74,5	20,4
	45	56,0	22,3
	60	68,5	23
	75	45,8	26,6
	90	54,0	22
	105	53,0	28,3
	120	52,7	26,4
	135	71,8	25,6
	150	63,0	27,2
	165	41,0	29,5
	195	45,0	30,9

ANEXO VII

Árvore Decisória



* Proceder a aplicação da árvore decisória para a etapa seguinte.

Fonte: FAO (2001).