



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2012/12.17.09.07-TDI

**DISTRIBUIÇÃO DA CAFEICULTURA EM PARTE DO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, EM RELAÇÃO ÀS
VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E TIPOS DE SOLOS,
USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Sérgio Caldas Soares

Dissertação de Mestrado do Curso
de Pós-Graduação em Sensoria-
mento Remoto, orientada pelo Dr.
Maurício Alves Moreira, aprovada
em 20 de dezembro de 2012.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3D84LHH>>

INPE
São José dos Campos
2012

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2012/12.17.09.07-TDI

**DISTRIBUIÇÃO DA CAFEICULTURA EM PARTE DO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, EM RELAÇÃO ÀS
VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E TIPOS DE SOLOS,
USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Sérgio Caldas Soares

Dissertação de Mestrado do Curso
de Pós-Graduação em Sensoria-
mento Remoto, orientada pelo Dr.
Maurício Alves Moreira, aprovada
em 20 de dezembro de 2012.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3D84LHH>>

INPE
São José dos Campos
2012

Soares, Sérgio Caldas.
So11d Distribuição da cafeicultura em parte do Estado do Espírito Santo, em relação às variáveis morfométricas e tipos de solos, usando dados de sensoriamento remoto / Sérgio Caldas Soares. – São José dos Campos : INPE, 2012.
xxii + 99 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/12.17.09.07-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.
Orientador : Dr. Maurício Alves Moreira.

1. cafeicultura. 2. sensoriamento remoto agrícola. 3. mapeamento de lavouras. 4. caracterização agroambiental 5. variáveis morfométricas . I.Título.

CDU 528.88

Copyright © 2012 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2012 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.


Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Mestre** em
Sensoriamento Remoto

Dr. Antonio Roberto Formaggio



Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Maurício Alves Moreira




Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro



Membro da Banca / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. José Luis Rodriguez Yi



Convidado(a) / EMRESA CARGILL / São Paulo - SP

Este trabalho foi aprovado por:

maioria simples

unanimidade

Aluno (a): **Sergio Caldas Soares**

São José dos Campos, 20 de Dezembro de 2012

“Aquele que ama a correção ama a ciência, mas o que detesta a reprimenda é insensato”.

Provérbios, capítulo 12, versículo 1.

À minha esposa Tatiana e a meus pais, Sérgio e Sylvia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Dr. Maurício Moreira pela orientação, motivação e apoio desmedido neste período, 2010 a 2012, em que convivemos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Ao INPE, pelo ambiente propício para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos João Paulo, Marcelo, Júlio, Kleber, Édipo, Alan, Samuel e Ana Elisa, que estiveram sempre por perto durante esta jornada, e aos demais companheiros de pós-graduação, que contribuíram enormemente para a conclusão deste curso e para minha formação pessoal e profissional.

A meus pais, pela confiança, apoio, criação e todo o resto.

À minhas irmãs, sogros, cunhados familiares e amigos pelo carinho e compreensão de sempre.

E principalmente à minha esposa, Tati, pela pessoa magnífica que é.

RESUMO

A cafeicultura é uma atividade de grande relevância econômica e social para o país e um importante segmento do agronegócio. Apesar desta importância o que se percebe é uma carência de informações objetivas e de estudos que relacionem a cultura e o meio ambiente, ou seja, uma caracterização do agroecossistema cafeeiro em cada uma das regiões produtoras do Brasil. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar a cafeicultura em quatro microrregiões de um dos principais pólos produtores do café conilon (*Coffea canephora*) do país, o estado do Espírito Santo. As quatro microrregiões são: Extremo Norte, Noroeste II, pólo Colatina e pólo Linhares, num total de 22 municípios. A metodologia adotada nesta pesquisa consistiu basicamente de cinco fases: (i) mapeamento das lavouras de café através da interpretação visual de ortofotos (escala 1:5000), obtidas no ano de 2007 e em imagens de alta resolução do Google Earth (utilizadas como dado auxiliar), para obter a espacialização das lavouras; (ii) atualização do mapa temático através da interpretação de imagens do TM/Landsat-5, do ano de 2010 e/ou 2011; (iii) verificação da exatidão do mapeamento (2010/2011), por meio de uma abordagem estatística; (iv) determinação da relação da cafeicultura com as variáveis morfométricas (altitude, declividade, posição de vertente) e tipo de solos; e, (v) estabelecimento do percentual de lavouras de café por município. Os resultados da pesquisa levaram às seguintes conclusões: a metodologia empregada no mapeamento foi adequada para identificar as lavouras de cafeicultura, com um total de 115.422,15 hectares mapeados, apresentou exatidão global de 94,15% e índice Kappa igual a 0,88. Cerca de 36% do café mapeado encontra-se na microrregião Noroeste II sendo o município de Vila Valério o que apresentou maior percentual de área plantada com a cultura. Em relação à declividade, o café encontra-se, 97%, em áreas com até 20%. A região é forte produtora de café conilon e cultiva 96% das lavouras em altitude até 500 m. O café é cultivado homoganeamente em relação à orientação das vertentes e 69% de sua área é cultivada em Latossolos Amarelos Distróficos.

DISTRIBUTION OF COFFEE PLANTATION IN PART OF THE STATE OF ESPÍRITO SANTO, REGARDING TO MORPHOMETRIC VARIABLES AND TYPES OF SOIL, USING REMOTE SENSING DATA

ABSTRACT

The production of coffee is of great economic and social importance for Brazil and a very important agribusiness segment. Despite this importance, there is lack of objective information and studies relating the crop to the environment, specifically, the characterization of the coffee agroecosystem in each of the producing regions of Brazil. The purpose of this study is to characterize the coffee production in four micro regions within the state of Espírito Santo which is one of the major producers of *conilon* coffee (*Coffea canephora*) within Brazil. These micro regions are situated in the Far North, the Northwest II, the Colatina pole and the Linhares pole covering a total of twenty-two municipalities. The approach adopted for this study is divided into five phases: (i) mapping of coffee plantations utilizing ortho aerial photography (1:5000), 2007, and the mapping of actual crop boundaries using high resolution satellite images from Google Earth, (ii) creating an updated thematic map by interpreting images TM/Landsat-5, 2010 and 2011, (iii) verification of the accuracy of the mapping (2010/2011) utilizing statistical methods, (iv) determination of the production of coffee based on morphological variables (altitude, slope, slope position) and soil types, and (v) determining the percentage of coffee farms by municipality. The survey results led to the following conclusions: the methodology used in the mapping was suitable to identify crops of coffee, with a total of 115,422.15 hectares mapped, showed an overall accuracy of 94.15% and a Kappa index equal to 0.88 . About 36% of coffee is located in the micro region Northwest II and the municipality of Vila Valério had the highest percentage of area occupied with the culture. The coffee production is 97% from areas where the slope gradient is less than 20%. The region is a strong coffee producer and cultivates 96% of conilon crops in altitude up to 500 m. The coffee is grown homogeneously in relation to the aspect orientation and 69% of its area is cultivated in Yellow dystrophic Oxisols.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1 - Fases fenológicas do cafeeiro nas condições climáticas tropicais do Brasil	9
Figura 2.2 - Lavoura de café conilon conduzido com múltiplas hastes.	11
Figura 2.3 - Lavoura de café arábica, conduzida com apenas uma haste.	12
Figura 3.1 - Microrregiões do Espírito Santo	23
Figura 3.2 - Localização da área de estudo	24
Figura 3.3 - Amplitude altimétrica da área de estudo.	26
Figura 3.4 - Mapa de solos da área de estudo	27
Figura 4.1 - Senas do satélite Landsat-5 necessárias para recobrir a área de estudo.	30
Figura 4.2 - Fluxograma de criação do banco de dados usado para a geração do mapa base 2007	31
Figura 4.3 - Fluxograma de obtenção e análise dos resultados	32
Figura 4.4 - Mosaico de imagens TM utilizado na atualização do mapeamento de café, em composição colorida R5G4B3	34
Figura 4.5 - Aplicativo Google com mosaico de imagens de alta resolução da área de estudo e, em evidência, área com café em Vila Valério – ES	35
Figura 4.6 – Área de estudo com distribuição espacial dos pontos amostrados	40
Figura 5.1 – Área mapeada com Café	44
Figura 5.2 –Distribuição dos cafezais por microrregião contida na área de estudo	46
Figura 5.3 – Área ocupada com cafeicultura	46
Figura 5.4 – Classificação dos municípios por área ocupada com café	47

Figura 5.5 – Matriz de confusão obtida a partir dos 188 pontos coletados em campo	48
Figura 5.6 – Área de estudo com os diferentes níveis de declividades	49
Figura 5.7 – Gráfico com a distribuição do café por classes de relevo.....	50
Figura 5.8 – Mapa com as áreas restritas ao uso de máquinas agrícolas.....	52
Figura 5.9 – Caracterização da área de estudo por faixa de altitude	54
Figura 5.10 – Porcentagem de café por faixa de altitude	55
Figura 5.11 – Mapa de distribuição das feições quanto a posição de vertentes na área de estudo	56
Figura 5.12 – Gráfico de barras mostrando a ocorrência das diferentes posições de vertentes observadas na área de estudo (Eixo Y: unidade de área = pixels 10 m x 10 m).	57
Figura 5.13 – Percentual das lavouras de café em relação às posições de vertentes observadas na área de estudo	57
Figura 5.14 – Distribuição das lavouras de café em relação aos tipos de solos que ocorrem na área de estudo	58

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 - Intervalos de temperaturas média anual (°C) e as condições de aptidão térmica para cafeeiros arábica e robusta em cultivo convencional sem irrigação.	6
Tabela 4.1 - Órbita/ponto e data das imagens TM/Landsat-5 empregadas para atualizar o mapa temático obtidos das ortofotos.	33
Tabela 5.1 – Área de café obtida por meio da interpretação de ortofotos e imagens do TM/Landsat-5, para os 22 municípios contidos nas quatro microrregiões estudadas	45
Tabela 5.2 – Níveis de declividades e classes de relevos	49
Tabela 5.3 – Área de café mecanizável e não mecanizável e porcentagem em relação ao total por município	51
Tabela 5.4 – Distribuição das vertentes em função de sua orientação em relação ao Norte.....	56

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIC	Acordo Internacional do café
BDG	Banco de Dados Geográficos
GERCA	Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura
HRV	High Resolution Visible
IBC	Instituto Brasileiro do Café
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
Incaper	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo Digital de Elevação
MSS	Multispectral Scanner
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
PIB	Produto Interno Bruto
Seag	Secretaria de Estado da Agricultura
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TM	Thematic Mapper

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos gerais.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Alguns aspectos do cultivo do café	5
2.1.1. Exigências climáticas dos cafeeiros	5
2.1.2. Influência das variáveis morfológicas e tipo de solo na cafeicultura.....	7
2.2. Aspectos gerais da cultura do café arábica.....	8
2.3. Características de cultivo do café conilon	10
2.4. Diferenças morfológicas entre o café conilon e o arábica	14
2.5. Origem do café no Espírito Santo.....	15
2.5.1. Importância econômica da cafeicultura no Espírito Santo.....	16
2.6. Mapeamento da cultura do café por meio de imagens de satélites.....	18
2.7. Interpretação de imagens.....	20
2.8. Processamento digital no mapeamento dos cafezais.....	20
3 ÁREA DE ESTUDO	23
3.1. Relevo	24
3.2. Solos	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1. Materiais.....	29
4.2. Metodologia.....	31
4.2.1. Confiabilidade do Mapeamento.....	35
4.2.2. Trabalho de Campo.....	39
4.2.3. Distribuição das lavouras de café em relação as variáveis morfométricas e tipos de solo.....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. Análise de exatidão do mapeamento.	47
5.2. Relação das lavouras de café com as variáveis morfométricas	48
5.2.1. Declividade.....	48
5.2.2. Altimetria.....	53
5.2.3. Orientação de Vertentes.....	55
5.3. Tipos de solo	58

6	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXO A – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DE CAMPO	69
	ANEXO B – COLETA DE DADOS EM CAMPO	75
	ANEXO C – RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM A DECLIVIDADE.....	83
	ANEXO D – RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM A ALTIMETRIA	87
	ANEXO E – RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ E POSIÇÃO DAS VERTENTES.....	91
	ANEXO F – RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM OS DIFERENTES TIPOS DE SOLO	97

1. INTRODUÇÃO

As cadeias produtivas do agronegócio no Espírito Santo representam cerca de um terço do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado. Percentual acima da média nacional, que está em torno de 25%. A atividade rende cerca de R\$ 21 bilhões anuais à economia. Conforme estimativas do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e da Secretaria de Estado da Agricultura (Seag), cerca de 317 mil pessoas trabalham diretamente nas propriedades rurais espalhadas pelo interior, o que representa 1/5 da população empregada em terras capixabas.

Em 2011, o então secretário de Estado da Agricultura, Enio Bergoli da Costa, ressaltava que o Espírito Santo se destaca como o maior exportador de mamão papaia do Brasil, o segundo maior produtor nacional de café conilon, o segundo maior produtor de ovos do país, o terceiro maior produtor de cacau e o quarto maior cultivo de seringueiras, evidenciando bons resultados em diversas produções (ESPÍRITO SANTO7BRASIL, 2012).

Ele explicava que o Espírito Santo tem três grandes bases na agricultura: (i) o café, responsável por 40% da renda nas propriedades rurais; (ii) a pecuária de leite e corte, responsável por 20% da renda que fica nas propriedades e; (iii) a fruticultura, que responde por 18% dessa renda.

No Estado do Espírito Santo é possível perceber a importância da agricultura familiar ao analisar dados da estrutura fundiária, significativamente baseada na pequena propriedade familiar. Segundo dados do IBGE (2006), do número total de estabelecimentos rurais no estado, aproximadamente 80% se enquadram como pequenas propriedades rurais familiares. Essas pequenas propriedades são responsáveis pela produção de 52% do café, 43% do leite, 70% do turismo rural e 78% do artesanato local.

Por tudo isso, o cultivo do café é, sem dúvida, uma das atividades mais importantes do Estado. O agronegócio dessa cadeia tem grande peso social e econômico: 80% dos municípios do Estado têm na cafeicultura seu sustentáculo econômico. A cadeia

produtiva gera em torno de 400 mil empregos. Só na produção, hoje trabalham 131 mil famílias (Incaper, 2012).

De acordo com o secretário de Estado da Agricultura, a área plantada do Estado é de 470 mil hectares, sendo 180 mil hectares de café arábica e 290 mil hectares da variedade conilon. Existem cerca de 40 mil produtores que cultivam a variedade conilon e 20 mil da arábica. O valor que fica com os produtores é de R\$ 2 bilhões por ano. No Espírito Santo, 65% da produção é de café conilon e 35% de arábica. O café Conilon é plantado em 64 municípios, em regiões quentes, em altitudes inferiores a 500 metros. Os maiores produtores são Vila Valério, Jaguaré, Sooretama, Linhares, Rio Bananal, São Mateus, Nova Venécia, Pinheiros e São Gabriel da Palha, cuja produção de cada município é superior a 400 mil sacas por ano. Muitos cafeicultores alcançam rendimentos superiores a 100 sacas beneficiadas/ha, enquanto, que a média do Estado é de 26 sacas/ha.

A modernização do parque cafeeiro brasileiro com a incorporação de novas áreas de cultivo para atender à demanda pelo produto trouxe novos desafios dentro e fora da fazenda (PEREIRA *et al.*, 2008). Zambolim (2007) comenta que, à semelhança de outros produtos agrícolas tradicionais (vinho e azeite), o mercado cafeeiro está se tornando também exigente quanto à rastreabilidade da cadeia produtiva, que está se tornando cada vez mais valorizada no ato da comercialização

Figueiredo (2009) comenta que com o emprego de técnicas de geoprocessamento no monitoramento e mapeamento de culturas agrícolas, novas abordagens e novos desafios surgiram na caracterização das feições terrestres. Elas possibilitam aplicações em inúmeras áreas: agricultura, meio ambiente, geologia, recursos hídricos, estudo de solo e florestas, entre outras. Na agricultura, podem ser utilizados, para previsão de safras, mapeamentos de culturas, definição de áreas de aptidão agrícola, zoneamento agroecológico, detecção de incêndios em lavouras e pastagens, mapeamento de unidades armazenadoras e agroindústrias, entre outras (FIGUEIREDO, 2009).

1.1. Objetivos gerais

- Gerar mapa com a distribuição das lavouras de café nos 22 municípios, que compõem a área de estudo, por meio da interpretação visual de ortofotos e imagens TM/Landsat-5.
- Caracterizar o agroecossistema cafeeiro em relação as variáveis morfológicas (altitude, declividade e posição de vertente) e tipos de solo.

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar as variáveis morfométricas das lavouras cafeeiras (declividade, altitude e posição de vertente) por meio dos dados da missão SRTM (RABUS *et al.*, 2003);
- Avaliar a exatidão do mapeamento através da obtenção de pontos de controle distribuídos nas microrregiões de interesse.
- Determinar, para cada orientação de vertente, a porcentagem de área cultivada com café por município.
- Determinar, para cada tipo de solo, a porcentagem de área cultivada com café por município.
- Determinar, para faixas específicas de altitude e declividade, a porcentagem de área cultivada com café por município.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Alguns aspectos do cultivo do café

O café pertence à família das rubiáceas, a mesma família botânica a qual pertencem plantas como a gardênia (*Gardenia jasminoides*), entre outras. Como o nome de sua família indica, uma de suas características mais visíveis são seus frutos, que se tornam geralmente vermelhos quando maduros, assemelhando-se a rubis, daí o nome rubiácea.

As duas espécies mais conhecidas são a *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora* Pierre, Segundo Da Matta e Rena (2001), é cada vez mais comum utilizar o termo Robusta para designar a espécie *canephora*. Entretanto, robusta é apenas uma das variedades de *Coffea canephora*. No Brasil praticamente toda a produção de Canéfora deriva-se da variedade *Konillou*, popularmente conhecida como conilon (DA MATTA; RENA, 2001).

Reconhecida como uma das bebidas mais populares do mundo, o café está entre as *commodities* de maior importância mundial em termos de volume financeiro, que é movimentado em sua comercialização (TEIXEIRA; MILHOMEM, 2001). O café foi o produto que impulsionou a economia brasileira desde o início do século XX até a década de 1930. Concentrado a princípio no Vale do Paraíba (entre Rio de Janeiro e São Paulo) e depois nas zonas de terra roxa do interior de São Paulo e do Paraná, o grão foi o principal produto de exportação do país durante quase 100 anos. De acordo com Pereira *et al.* (2008) a cultura do cafeeiro continua sendo um dos estímulos do agronegócio brasileiro. A expansão dos pontos de comercialização e consumo da bebida em centros comerciais pelo mundo aumentou também a procura por cafés com maior qualidade de bebida.

2.1.1 – Exigências climáticas dos cafeeiros

De acordo com Pereira *et al.* (2008), o ambiente ideal para uma espécie deve ser aquele de sua região de origem. Conhecendo-se as condições do ambiente de seu habitat natural fica mais fácil entender suas exigências climáticas. Mesmo em locais com

tradição de cultivo é comum a ocorrência de eventos climáticos extremos, que resultam em alguma forma de perturbação no desempenho do cafeeiro.

O café arábica é encontrado como vegetação espontânea de regiões altas (entre 1.300m e 2.800m de altitude) no sudoeste da Etiópia e sudoeste do Sudão e Quênia. Assim, o sombreamento é uma proteção natural contra baixas temperaturas noturnas de inverno e a forte insolação diurna do verão e, principalmente, contra efeitos danosos do vento.

Em Jimma, Etiópia, a 7° 40' N e 1.700 m acima do nível médio do mar, localidade próxima ao centro de origem do cafeeiro arábica, a temperatura média mensal varia bem pouco em torno da média de 18,2 °C. Essa quase isoterminia de temperatura média mensal é pouco comum nas áreas tropicais (PEREIRA *et al.*, 2008). O cafeeiro pode vegetar em uma área geográfica extensa compreendida, em sua maior parte, nos trópicos, abrangendo uma variação ampla de clima e solo. Porém, sua produção econômica se restringe a uma área bem menor, já que o cafeeiro é adaptado ao clima ameno subtropical, com temperatura média de 18°C a 22°C e deficiência hídrica inferior a 150 mm anuais. Já o robusta produz melhor em locais com média anual variando entre 22 °C e 26 °C.

Os efeitos da temperatura média anual sobre as condições de aptidão das cafeiculturas arábica e robusta são simplificadas na Tabela 2.1 (PEREIRA *et al.*, 2008).

Tabela 2.1 – Intervalos de temperaturas média anual (°C) e as condições de aptidão térmica para cafeeiros arábica e robusta em cultivo convencional sem irrigação.

Condição de aptidão térmica	Temperatura média anual (°C)	
	Arábica	Robusta
Inapta por frio	< 17	< 20
Marginal por frio	17 - 18	20 – 22
Apta	18 - 22	22 – 26
Marginal por calor	22 – 23	> 27
Inapta por calor	> 23	----

Fonte: Adaptada de Pereira *et al.* (2008)

Pezzopane *et al.* (2007), citado por Pereira *et al.* (2008), comentou que na prática agrometeorológica, adota-se como a temperatura-base 10 °C, ou seja, o limite inferior da escala termométrica para que haja condições de crescimento.

Por outro lado, Camargo *et al.* (1977), ao analisar os balanços hídricos climatológicos de diversas regiões produtoras de café arábica e robusta, concluiu que uma região pode ser considerada com suprimento hídrico adequado quando o déficit hídrico (DH) anual for inferior a 150 mm.

2.1.2 – Influência das variáveis morfológicas e tipos de solos na cafeicultura

A caracterização do parque cafeeiro se dá pela relação das lavouras de café com as variáveis morfométricas (altimetria, declividade e posição de vertente) e o tipo de solo onde a lavoura esta implantada (BARROS *et al.*, 2007; BERNARDES *et al.*, 2012). Variáveis do relevo influenciam na ocorrência de microclimas específicos em função da incidência de radiação e ventos, bem como acúmulo de massas de ar frio. A exposição de vertentes desempenha papel importante sobre a evapotranspiração e o decorrente balanço hídrico (VALERIANO, 2003).

Diodato *et al.* (2010), em estudos realizados no hemisfério Norte, encontraram valores de evapotranspiração significativamente menores em vertentes orientadas a Norte em relação às vertentes Sul. No hemisfério Sul, entretanto, o fenômeno ocorre ao inverso e mais intensamente em maiores latitudes, isto é, mais distante da linha do equador. Alzugaray e Alzugaray (1984) recomendam o plantio de café em áreas com vertentes orientadas para o Norte, Noroeste ou Nordeste. Segundo os autores, as lavouras implantadas nestas condições recebem maior quantidade de energia solar em relação àquelas implantadas em faces do terreno com outras orientações. Por outro lado, vertentes Sul, Sudeste e Sudoeste são expostas a menores quantidades de energia e estão mais sujeitas à ocorrência de ventos frios e geadas.

A atuação do relevo refere-se ainda à distribuição de processos hidrológicos e erosivos no solo (VALERIANO, 2000) os quais são correlacionados à variável declividade. Com

relação ao manejo de culturas agrícolas a declividade do terreno define a possibilidade do uso de mecanização agrícola ou mão-de-obra manual (ZAMBOLIM, 2002).

A altitude é um importante fator na definição dos processos de alteração das temperaturas do ar (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2006). No Estado de Minas Gerais, Sedyama *et al.* (2001) realizaram o zoneamento agroclimático para a cafeicultura e não recomendam o plantio de café arábica em altitude inferior a 500 m e superior a 1.200 m devido às condições de temperaturas desfavoráveis.

Conforme Amaral *et al.* (1999), as características físicas e químicas dos solos favorecem ou não o desenvolvimento da cultura além de interferir em práticas de manejo a serem aplicadas como adubações, irrigação e conservação do solo. Wadt (2005) comenta que as relações entre classes de solos e o estado nutricional de cafeeiros pode auxiliar no planejamento de adubações, por exemplo.

A caracterização dos fatores que definem o ambiente de cultivo do cafeeiro associada à distribuição espacial das lavouras, derivada de dados objetivos e disponíveis regularmente, como é o caso das imagens de satélite, para todo o Estado do Espírito Santo inexistente até o momento.

2.2. Aspectos gerais da cultura do café arábica

Dentre as principais variedades de *Coffea arabica* cultivadas no Brasil, destacam-se a Mundo Novo e a Catuaí (com as linhagens Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo), a Icatu, Iapar, a Tupi, a Obatã, a Catuaí Rubi, entre outras, devido, principalmente, às suas características físicas e de resistência às pragas e doenças (OLIVEIRA, 2007).

O cultivo do café arábica no Brasil apresenta o florescimento na primavera, a frutificação no verão, a maturação no outono e a colheita no inverno. Nas principais áreas cafeeiras, o clima, chuvoso na primavera/verão, seguido de uma estação relativamente seca no outono/inverno, favorece bastante a frutificação e a produção do cafeeiro. As fases críticas, como a formação do "chumbinho" e a granação, são beneficiadas pelas chuvas da primavera e do verão, e as de maturação e colheita, pelo outono e inverno relativamente secos (ALFONSI, 2000).

Para Matiello (1991), no período de vegetação e frutificação, o cafeeiro é exigente em água sendo que a exigência é menor na fase de colheita permitindo, inclusive, a ocorrência de pequena deficiência hídrica, sem grandes prejuízos para a planta. Períodos curtos de seca são importantes para o crescimento das raízes, maturação dos ramos (formados na estação chuvosa anterior) e, principalmente, para a diferenciação floral e maturação dos frutos. Ainda segundo o autor, uma precipitação anual de 1.200 mm pode ser considerada adequada para o bom desenvolvimento do café arábica.

Em locais onde a deficiência hídrica é maior que 150 mm, e as temperaturas médias superiores a 23°C, as áreas são consideradas inaptas, uma vez que restringem a frutificação, resultando em baixa produtividade. Existem vários trabalhos que descrevem a metodologia e os resultados do zoneamento agrícola do café arábica para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Goiás (PINTO *et al.*, 2001, SEDIYAMA *et al.*, 2001; CARAMORI *et al.*, 2001; ASSAD *et al.*, 2001).

Segundo Camargo e Camargo (2001), o cafeeiro necessita de dois anos para atingir o estágio de frutificação, fator que o difere da maioria das plantas agricultáveis, que completam seu ciclo produtivo em um ano, conforme ilustrado na Figura 2.1.

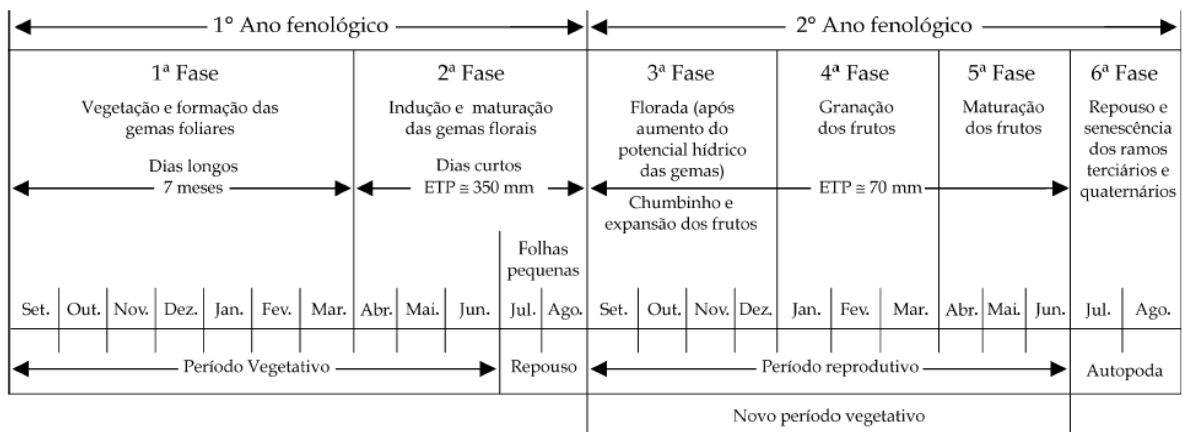


Figura 2.1: Fases fenológicas do cafeeiro nas condições climáticas tropicais do Brasil.

Fonte: Camargo e Camargo (2001).

Os espaçamentos de plantio utilizados na cafeicultura variam em função do manejo, da cultivar e da topografia do terreno. Até a década de 60 os espaçamentos tradicionais de plantio eram em quadrado que variavam de 3,5 m a 4,0 m entre linhas e 3,5 m a 4,0 m

entre covas. A partir da década de 80, passou-se a implantar lavouras com espaçamentos mais adensados, melhorando-se o estande através do aumento do número de plantas por hectare. Os plantios de café podem ser caracterizados de acordo com a densidade de plantas por hectare. Cultivos tradicionais têm até 3.000 plantas/ha, os adensados entre 3.000 e 7.000 plantas/ha, e, os superadensados, mais de 7.000 plantas/ha (THOMAZIELLO, 2008).

Os solos mais adequados ao cultivo do cafeeiro são os profundos, porosos e bem drenados, com uma estrutura granular de tamanho médio, moderadamente desenvolvido, com textura média, não sendo recomendados solos com teor de argila menor que 20% e, quando muito argilosos, devem apresentar estrutura e porosidade favorável à boa infiltração da água (SEDIYAMA *et al.*, 2001).

2.3. Características de cultivo do café conilon

A área ocupada com o café conilon vem sendo ampliada, principalmente, no estado do Espírito Santo, Mato Grosso e Rondônia. Só no estado do Espírito Santo, o café conilon é plantado em 64 municípios. Isso se deve, entre outros fatores: (i) à menor sensibilidade desta espécie ao fungo *Hemileia vastatrix* (responsável pela ferrugem dos cafezais); (ii) ser recomendado para regiões quentes e com altitude inferior a 500 metros; e (iii) devido à sua utilização na indústria de café solúvel, fazendo com que o custo do produto final diminua (FAZUOLI, 1986).

A cultivar conilon é de fecundação cruzada obrigatória (BRAGANÇA *et al.*, 2001; FERRÃO *et al.*, 2007). Assim, plantios de lavouras oriundas de mudas obtidas por sementes apresentam grande variabilidade genética entre plantas (FERRÃO *et al.*, 2004), mostrando-se desuniformes sob vários aspectos: arquitetura da parte aérea; tamanho e maturação de frutos; resposta à nutrição mineral; tolerância à seca; além de outras características agronômicas.

Em 1985 deu-se início ao programa de melhoramento genético do café conilon no país, o que resultou no lançamento no ano de 1993 das primeiras variedades clonais de maturação precoce, intermediária e tardia (FONSECA *et al.*, 2004a). A partir dessa data

inicia-se a implantação de jardins clonais pelo Estado do Espírito Santo que deu um grande impulso à renovação do parque cafeeiro do conilon capixaba. Atualmente, estima-se que 40% do parque cafeeiro de conilon do Espírito Santo sejam formados por variedades melhoradas e, que 30% sejam de materiais clonais (FONSECA *et al.*, 2004b).

O cafeeiro conilon apresenta ramos verticais (ortotrópicos) ou hastes, onde estão inseridos os ramos horizontais (plagiotrópicos) ou produtivos. O conilon possui diversas hastes verticais ou caules, o que o caracteriza como arbusto multicaule: sendo uma das características de diferenciação do cafeeiro arábica (FERRÃO *et al.*, 2007), como pode ser visto nas Figuras 2.2 e 2.3, respectivamente. O espaçamento das cultivares de conilon é definido em função do sistema de condução, com uma haste ou com várias hastes ortotrópicas.



Figura 2.2 - Lavoura de café conilon conduzido com múltiplas hastes.

Fonte: Netto (2011).



Figura 2.3 - Lavoura de café arábica, conduzida com apenas uma haste.

Fonte: Espírito Santo. Saeg (2009).

O cafeeiro necessita de um solo que permita uma boa expansão em volume e profundidade de seu sistema radicular, e que ofereça condições hídricas e nutricionais equilibradas. Segundo Bragança e Alvarez (1990), o café conilon é cultivado preferencialmente em dois ambientes distintos no Espírito Santo, com base no relevo e no tipo de solo. Um ambiente caracteriza-se por apresentar solos do tipo Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro, originados de sedimentos do terciário, com relevo variando de plano a suave ondulado. Como exemplos de municípios com estas características podem-se citar Linhares e Pinheiros.

Um segundo ambiente formado principalmente por rochas gnáissicas, classificadas em sua maioria como gnaisses ácidos, ricas em sílica (onde os minerais predominantes são o quartzo, o feldspato alcalino e a mica biotita), originou solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo. Os municípios de Águia Branca e São Gabriel da Palha são representantes deste ambiente (BRAGANÇA; ALVAREZ, 1990).

No manejo de plantas multicaules, os cafezais são conduzidos para atingirem o número de hastes determinadas em função do seu espaçamento e vigor, procurando-se manter uma média em torno de 10.000 a 12.000 hastes por hectare. Os espaçamentos recomendáveis para a cultivar conilon poderão variar de 3,5 a 4,0 m nas entrelinhas e de 1,0 a 1,5 m nas linhas com uma planta por cova, sendo conduzidas em média 4 a 8 hastes verticais por planta. Para outras cultivares conilon poderão ser utilizados espaçamento de 4,5 m nas entrelinhas com variação de 1,5 a 3,0 m na linha, tendo respectivamente para uma planta por cova de 5 a 6 hastes verticais e para 2 plantas por cova de 10 a 12 hastes verticais, equivalendo para ambos os espaçamentos e densidades média de 8.000 hastes verticais por hectare (FAZUOLI, 1986).

No sistema monocaule, menos utilizado para esta variedade, poderá ser adotado espaçamento de 3,0 a 4,0 m nas entrelinhas com 1,0 m na linha, permitindo melhor disposição das plantas com copas mais uniformes. O plantio das mudas de café conilon deve ser feito no início do período chuvoso (MENDES; GUIMARÃES, 1997).

A poda de produção e seleção de brotações em café conilon já são práticas consagradas entre os cafeicultores que cultivam essa espécie. É certo que essas técnicas podem passar por inovações e aperfeiçoamentos, mas é inquestionável a necessidade de renovação das hastes que se tornaram pouco produtivas, o que normalmente ocorre com aquelas que já sustentaram três ou mais colheitas sucessivas. Segundo Silveira *et al.* (1993) e Ferrão *et al.* (2004), entre as vantagens da poda estão: (a) aumento da vida útil do cafeeiro; (b) melhoria do arejamento e luminosidade no interior da copa; (c) diminuição do efeito da bianualidade de produção; (d) redução da altura e do diâmetro da planta; e (e) revigoração e melhoria da produtividade da lavoura.

A colheita do café pode ser realizada de forma manual, semi-mecanizada e mecanizada. A colheita manual pode ser seletiva, ou seja, catação apenas dos frutos maduros, ou concentrada, derriça de todos os frutos de cada ramo no chão, em panos ou em peneiras. Além desta forma, a colheita semi-mecanizada utiliza derriçadeiras portáteis ou tracionadas, desprovidas de recolhedores e a mecanizada é feita com máquinas colheitadeiras completas automotrizes ou tracionadas por trator (a declividade não deve ultrapassar 15% para automotrizes e 20% para as tracionadas) (FONSECA *et al.*, 2007).

A colheita sempre causa alguns danos, sendo que, no caso da colheita mecânica, eles são basicamente de quatro tipos: quebra de ramos; queda de folhas; descorticação dos troncos e queda de botões florais, causados pela ação das hastes vibratórias da colheitadeira sobre o cafeeiro. Tanto a derriça manual como a mecânica são operações relativamente violentas à planta, que causam quedas de ramos e folhas.

2.4. Diferenças morfológicas entre o café conilon e o arábica

Dedecca (1957) descreveu a anatomia e o desenvolvimento ontogenético do café arábica. No entanto, poucos trabalhos em anatomia têm sido desenvolvidos com esta espécie, destacando-se o de Voltan *et al.* (1992), e menos ainda com o cultivar conilon.

Estudos morfofisiológicos são poucos na literatura, mas alguns estudos comparativos foram feitos entre espécies e cultivares de cafeeiro (NUNES *et al.*, 1969; SONDAHL *et al.*, 1976; DA MATTA, 1995). Podem-se citar algumas diferenças estabelecidas por Carvalho *et al.* (2001):

- Quanto aos valores das taxas de fotossíntese líquida, de transpiração e de condutância estomática, sendo a cultivar conilon significativamente superior ao café arábica;
- diferem-se quanto à espessura foliar total, espessura da epiderme e dos parênquimas paliçádico e lacunoso, o arábica apresenta os maiores valores;
- as cultivares diferem morfológicamente entre si quanto às dimensões das células epidérmicas, sobretudo quanto às dimensões dos estômatos, que são maiores nos cafeeiros arábica;
- quanto ao tipo e número de estômatos predominante na epiderme foliar: actinocíticos em maior número na variedade conilon e paracíticos na arábica.

Estudos voltados na diferenciação dessas cultivares (conilon e arábica) por imagens de sensoriamento remoto baseados no comportamento espectral, poderão avaliar melhor a hipótese de que algumas dessas diferenças morfofisiológicas poderiam provocar variação da resposta espectral entre as espécies. Porém, a heterogeneidade no cultivo do café também acarreta mudanças significativas na radiação captada pelos sensores em

decorrência de variações na geometria entre alvo, iluminação e sensor (FONSECA, 2000).

2.5. Origem do café no Espírito Santo

O cultivo dos cafezais no Espírito Santo iniciou-se sob influência do Rio de Janeiro na metade do século XIX. O café chegou pelo sul e, com o decorrer dos anos, a cafeicultura foi se consolidando como importante atividade econômica para o estado e para o Brasil.

A cafeicultura capixaba como atividade agrícola teve início em Linhares, região norte. A atividade cafeicultora não se traduziu imediatamente em um novo padrão de desenvolvimento econômico, mas em uma substituição interna no modelo primário exportador canavieiro. O café, naquele período, mostrava vantagens comparativas conquistando, progressivamente, áreas antes cultivadas com cana-de-açúcar. Toda a estrutura produtiva canavieira foi reproduzida nos cafezais: o regime escravocrata e as grandes propriedades monocultoras. A expansão da cafeicultura foi rápida e em 1850 já era notável a importância da cultura no setor econômico capixaba (TAUNAY, 1939).

No início do século XX, década de 30, o Espírito Santo enfrenta uma crise e, então, iniciou a política de diversificação de produção agrícola. A partir de 1938 o desempenho da cafeicultura brasileira e capixaba apresentou uma tendência de crescimento da produção. Até meados da década de 50, a produção de café manteve-se estabilizada no patamar de 1,7 milhões de sacas de 60 kg. Dois fatos favorecem uma intensificação no plantio capixaba e nacional nessa década. O primeiro, período entre 1950 e 1954, aumento do preço do café no mercado internacional. O segundo foi a desvalorização da moeda nacional entre 1954 e 1957, o que aumentou a remuneração nominal dos produtores, provocando aumento da produção cafeeira brasileira e capixaba.

Na década de 60, fortemente desfavorável para a cafeicultura, foi posto em prática o plano elaborado pelo GERCA - Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura. Este plano, instituído por autoridades governamentais do Instituto Brasileiro do Café (IBC), pretendia a erradicação dos cafezais situados fora do zoneamento agrícola

(regiões consideradas inaptas para a cafeicultura) e que apresentassem produtividade inferior a 6 sacas beneficiadas/1.000 pés, considerados antieconômicos.

Foi no Estado do Espírito Santo que a política de erradicação teve maior impacto, provocando uma profunda crise social, devido, principalmente, ao problema do desemprego no setor agrícola, que provocou êxodo de famílias para as cidades. A crise repercutiu fortemente para a queda na produção de café.

A partir dos anos 70, o IBC volta a estimular o cultivo de cafezais. Entretanto, as áreas onde houve erradicação, abaixo de 500 metros de altitude, ainda encontravam-se impedidas de tomar crédito para o plantio da rubiácea. Além da altitude, fatores como altas temperaturas e umidade, também presentes nestas áreas, desfavorecem o cultivo de arábica.

Com recursos fartamente subsidiados e a tradição dos cafeicultores, houve uma mobilização para que o IBC financiasse lavouras de café conilon, que se adaptava muito bem em locais inaptos para o café arábica, ou seja, com altitude inferiores a 500 metros. No entanto, devido ao receio de divisão de cota de exportação com o café arábica e consequente diminuição de receita, já que o Brasil é signatário de Acordo Internacional do Café (AIC), não houve liberação de financiamento. Este conjunto de fatores levou os produtores a iniciarem suas lavouras de conilon sem qualquer auxílio financeiro do governo. Atualmente, o Espírito Santo é o maior produtor brasileiro de conilon, com 70% da produção nacional.

2.5.1. Importância econômica da cafeicultura no Espírito Santo

O cultivo do café é, sem dúvida, uma das atividades mais importantes do Estado. O agronegócio dessa cadeia produtiva tem grande peso social e econômico. O café está presente, em maior ou menor quantidade, em todos os municípios, exceto em Vitória. Avalia-se que 80% dos municípios do estado têm na cafeicultura seu sustentáculo econômico. A cadeia produtiva gera em torno de 400 mil empregos. Só na produção, hoje trabalham 131 mil famílias. Esse volume grande de postos de trabalho é composto, prioritariamente, por produtores de base familiar, com tamanho médio das lavouras em

torno de 4,8 hectares e 9,4 hectares para o café arábica e para o conilon, respectivamente (IBGE, 2006).

Diferentemente de outras grandes regiões produtoras brasileiras, como Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rondônia, o Espírito Santo é o único estado que têm expressiva produção do café conilon (65% da produção do estado). O restante da produção (35%) provém do cultivar arábica. A atividade é muito diversificada quanto ao tipo de produtor e seus níveis tecnológicos, tamanho de propriedades, locais e topografias, altitudes, entre outras diferenças.

Os municípios com maior produção de café conilon, superior a 400 mil sacas por ano, são Vila Valério, Jaguaré, Sooretama, Linhares, Rio Bananal, São Mateus, Nova Venécia, Pinheiros e São Gabriel da Palha, onde cafeicultores alcançam rendimentos superiores a 80 sacas beneficiadas/ha, enquanto, que a média do estado é 26 sacas/ha (IBGE, 2009).

O café arábica é cultivado no Espírito Santo a mais de 150 anos e sempre foi uma atividade muito importante, plantado em 49 municípios, sendo que os maiores produtores ultrapassam 120 mil sacas por ano. A média de produção é de 16 sacas/ha, no entanto muitos cafeicultores alcançam rendimentos superiores a 40 sacas beneficiadas/ha (IBGE, 2009).

A partir do início da década de 60, devido a problemas com doenças, pragas, solos depauperados e degradados e uso inadequado de tecnologias, houve uma redução substancial na produtividade e perda na qualidade final do produto. Esses fatores, associados à grande oferta de café no mundo, levaram o estado a ingressar de forma muito intensa em um programa de erradicação de cafezais, estabelecido pelo governo federal. Essa atitude foi desastrosa nos aspectos econômico e social. Por essas questões, e pelo grande empobrecimento do setor rural, o café conilon surgiu como uma opção importante para as regiões quentes do estado.

Na década de 80, iniciou-se um programa de pesquisas com o café arábica e conilon, coordenado e executado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e

Extensão Rural (Incaper). A adoção dos resultados dessas pesquisas científicas pelos cafeicultores, envolvendo as novas variedades, mudas clonais, adensamento de plantas, adubação, poda, irrigação, manejo de pragas e doenças têm contribuído de forma efetiva, na promoção de amplo desenvolvimento da cafeicultura capixaba. O uso de tecnologias, associadas a um amplo programa de treinamento, planejamento e boa gestão da atividade, promoveu nesse período aumento de mais de 200% na produção e produtividade média das lavouras, com melhoria significativa da qualidade final do produto. Como resultado, estima-se que mais de 40% das lavouras de conilon (120 mil hectares) já foram renovados sob novas bases tecnológicas.

Com relação ao consumo de café, as estatísticas indicam que tem havido um aumento da ordem de 2,5% ao ano. No entanto observa-se um equilíbrio entre a produção e consumo. O agronegócio cafeeiro é influenciado por muitos fatores: câmbio, estoque, produção, problemas climáticos, econômicos e sociais, entre outros. Dessa maneira devemos usar as tecnologias disponíveis visando o aumento de produtividade, melhoria da qualidade e a sustentabilidade do agroecossistema.

2.6. Mapeamento da cultura do café por meio de imagens de satélites

Nas culturas anuais, em que o desenvolvimento da planta é rápido, o espaçamento é pequeno, há grande densidade de planta por metro quadrado e estão presentes por um curto período de tempo, o comportamento espectral é influenciado basicamente pelo dossel da planta. Já as culturas perenes, como o citros e o café, com espaçamento bem maior dos que os praticados nas culturas de verão, o comportamento espectral é bastante influenciado pelo substrato, que pode ser o solo exposto ou vegetação de fundo. Mesmo neste caso, observa-se um comportamento espectral típico, com variações que dependem do estágio de desenvolvimento, dos tratos culturais e manejo.

Os primeiros estudos empregando imagens de satélites, para mapeamento de cafezais, foram realizados por Velloso (1974) e Velloso e Souza (1978), com imagens do MSS/Landsat. Os resultados destas pesquisas mostraram que o principal entrave para aplicação de imagens de satélite, no mapeamento do café, foi a resolução espacial do sistema sensor MSS (80m x 80m). Batista *et al.* (1978) também destacam a baixa

resolução espacial como a principal restrição para a utilização das imagens do MSS/LANDSAT na identificação e avaliação de áreas pequenas ocupadas com culturas agrícolas.

Batista *et al.* (1990) utilizaram imagens do HRV/SPOT e TM/Landsat para avaliarem algoritmos de classificação no mapeamento de café, cana-de-açúcar, trigo e pastagens. Nesta pesquisa foram coletados em campo, na data de passagem do satélite, diversos atributos, como variedade, data de plantio, estágio fenológico, altura de plantas, espaçamento e orientação de plantio, porcentagem de cobertura do solo, entre outros. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa na identificação visual das culturas com 5% de significância. Entretanto, verificou-se nos resultados da análise automática a importância da inclusão na análise das imagens da região do infravermelho médio, em substituição a uma banda do visível, que melhorou sensivelmente o desempenho obtido na análise final dos dados.

Do mesmo modo, Tardin (1992) mostrou que a inclusão da banda 5 do TM na classificação das imagens é muito importante, pois esta faixa espectral contribuiu muito para identificar a vegetação com maior teor de água de outras em estresse hídrico. Além disso, o autor concluiu que nestas condições o classificador MAXVER (Máxima verossimilhança) foi eficiente para separar a cultura do café de outros alvos de uso do solo. O efeito positivo da introdução da banda TM5 na classificação pode ser encontrado nos trabalhos de Dallemand *et al.*, (1987); Batista *et al.*, (1990); Vieira *et al.*, (2003).

Por outro lado, ao utilizar imagens Landsat TM e MSS para mapeamento de uso do solo na região de Marília-SP, Pellerin *et al.* (1993) observaram que os piores resultados de interpretação ocorreram em áreas de cafeicultura, cujas parcelas foram espectralmente semelhantes às outras classes, desde florestas a culturas anuais. Essa semelhança de resposta espectral ocorreu em função da fitogeografia da área, relacionadas com variáveis como altura das árvores, densidade dos dosséis e das práticas culturais sazonais efetuadas entre linhas de cultivo (solo exposto, consórcio de culturas como o milho, feijão, arroz de sequeiro, gramíneas).

Moreira *et al.* (2007), ao realizarem o mapeamento de cafezais no estado de Minas Gerais, por meio de interpretação de imagens do TM/Landsat-5, comentam que o mapeamento é mais complexo do que, por exemplo, o mapeamento da cana-de-açúcar. Dentro de uma mesma região fisiográfica, por exemplo, em um município, encontram-se diversidades nas lavouras quanto ao tamanho da área, variedade plantada, condições de relevo e sistema de manejo.

2.7. Interpretação de imagens

De acordo com Florenzano (2007) o processo de identificação dos objetos representados nas imagens de satélite é chamado de interpretação. Nesse processo, os objetos são identificados por meio dos seguintes aspectos: cor, forma, tamanho, textura (impressão de rugosidade) e localização.

A cultura de café abrange as mais variadas combinações destes fatores. Isto se deve não só ao fato do café ser cultivado em regiões com características distintas, mas também por ser cultivado de formas diferentes em relação a manejo e tratos culturais.

Sendo assim, esta cultura talvez seja um dos alvos agrícolas mais difíceis de serem identificados pelos mais diversos classificadores automáticos, que usualmente confundem sua resposta espectral com classes como: cerrado, estágio de reflorestamento, mata nativa, citricultura, entre outros alvos presentes próximos a regiões produtoras.

2.8. Processamento digital no mapeamento dos cafezais

A função primordial do processamento digital é fornecer meios eficientes para identificação e extração de informações contidas nas imagens de satélites, para posterior interpretação (CROSTA, 1992). Em outras palavras, é o processo pelo qual o analista obtém informações temáticas dos alvos contidos na área imageada. Fonseca (2000) acrescenta que o processamento digital, além de fornecer subsídios para realizar a interpretação digital das imagens, tem a finalidade de melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista tomar decisões durante a classificação.

No mapeamento de lavouras cafeeiras os SIG`s têm contribuído significativamente, porque permite manipular dados complexos e volumosos. Uma característica básica e geral num SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos (ASSAD; SANO, 1998). Para Alves *et al.* (2003), os SIG`s foram desenhados para responder determinados tipos de perguntas, que incluem questões sobre localização, padrões, tendências e condições.

O tratamento digital de imagens é basicamente dividido em três etapas: pré-processamento, classificação e pós-processamento. As técnicas mais comumente usadas são: georreferenciamento e registro de imagens, realce de imagens, filtragens e mapeamento (SCHOWENGERDT, 1997; LILLESSAND; KIEFER, 1999; MATHER, 1999).

O procedimento de georreferenciamento consiste em associar cada *pixel* da imagem a uma coordenada geográfica (latitude e longitude), com base em um modelo de projeção terrestre. Este procedimento é realizado por meio de funções matemáticas (SCHOWENGERDT, 1997; LILLESSAND; KIEFER, 1999).

Para Moreira (2011), o tratamento digital é dividido em: (i) pré-processamento, que inclui todos os procedimentos que permitem aumentar a eficiência dos resultados da classificação. Ou seja, processos que contribuam para o aumento da acurácia do mapeamento, como: restauração, realce de imagens, georreferenciamento, geração de imagem NDVI, Principais Componentes, Fusão de imagens, Modelo Linear de Mistura Espectral, entre outros. Para o autor, todos estes métodos são preparatórios para uma fase seguinte; (ii) Classificação, em que se aplica um classificador automático (supervisionado ou não supervisionado) para obter um mapa temático com a espacialização do alvo de interesse; (iii) pós-classificação, na qual se aplicam procedimentos para melhorar os resultados da classificação. Neste trabalho utilizou-se a edição matricial, ferramenta implementada no aplicativo SPRING.

Uma vez obtido o mapa temático, pode-se então realizar outros tipos de análises espaciais. Além de operações algébricas para obter a área da cultura por município, região administrativa, estado ou federação.

3. ÁREA DE ESTUDO

O Espírito Santo é uma das 27 unidades federativas do Brasil. Está localizado na região Sudeste e tem como limites o oceano Atlântico a leste, a Bahia a norte, Minas Gerais a oeste e noroeste e o Estado do Rio de Janeiro a sul. Sua capital é a cidade de Vitória e a Mata Atlântica recobria originalmente a maior parte do estado, que ocupa uma área de 46.077,519 km².

O Estado é composto por 12 microrregiões, num total de 78 municípios, dos quais 22 foram selecionados como área de estudo para esta pesquisa, com uma área total de 17.197,81 Km², localizada entre as coordenadas 39° 24'25''W, 17° 45'22,14''S, e 41° 26' 33''W, 20° 05'35''S. Os mapas a seguir (Figuras 3.1 e 3.2) mostram a distribuição espacial das microrregiões do estado e a região selecionada como área de estudo.



Figura 3.1 – Microrregiões do Espírito Santo
Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves

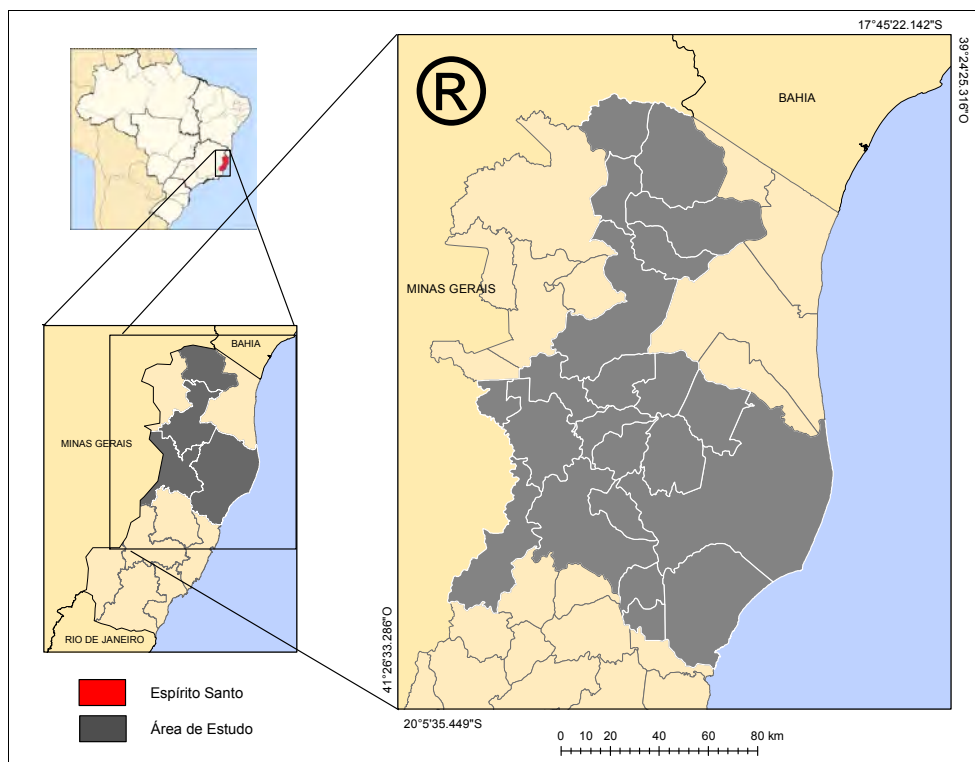


Figura 3.2– Localização da área de estudo.

Como área de estudo foram selecionadas as seguintes microrregiões: Pólo Linhares (microrregião 2), Extremo Norte (microrregião 7), Pólo Colatina (microrregião 8) e Noroeste II (microrregião 10).

Vale lembrar que a escolha desta área de estudo teve por objetivo representar as várias características da vasta região produtora de café no estado do Espírito Santo. Assim, regiões com características distintas foram escolhidas abrangendo áreas litorâneas e de relevo, solo e altitudes diversas para efetivamente caracterizar a área de produção.

3.1. Relevo

O relevo na maior parte do Estado é caracterizado como um planalto, parte do maciço Atlântico. A altitude média é de 600 a 700m, com topografia bastante acidentada e terrenos arqueozóicos, onde são comuns os picos isolados, denominados pontões. Na região fronteira com Minas Gerais, transforma-se em área serrana, com altitudes superiores a 1.000 m, onde se localiza a serra do Caparaó, ou da Chibata (ROSS, 2005). O bioma (domínio morfoclimático) do estado são os chamados "Mares de Morros"

caracterizados pela vegetação tropical, em climas mais amenos, formados por serras fortemente erodidas.

Cerca de 40% do território é composto por uma extensa planície litorânea (Planícies e Tabuleiros Costeiros), predominando no interior as serras (Serras e Planaltos de Leste/Sudeste). De largura variável, a Baixada Espiritosantense acompanha toda a costa capixaba, da fronteira com a Bahia até o limite com o Rio de Janeiro. Estreita ao sul alarga se consideravelmente a partir de Aracruz, no sentido norte. Na Figura 3.3, a seguir, podemos observar a variação de altimetria encontrada na área de estudo, entre 0 e 1.323,06 m.

Segundo Ab'Saber (2003), de forma mais esquemática, pode-se compor um quadro morfológico do relevo em cinco unidades:

- A baixada litorânea, formada por extensos areais, praias e restingas;
- Os tabuleiros areníticos, faixa de terras planas com cerca de cinquenta metros de altura, que se ergue ao longo da baixada e a domina com uma escarpa abrupta, voltada para leste;
- Os morros e maciços isolados, que despontam no litoral e, em alguns locais, dão origem a costas rochosas, cujas reentrâncias formam portos naturais, como a baía de Vitória;
- As planícies aluviais (várzeas), ao longo dos rios, que às vezes terminam em formações deltaicas, de que é exemplo a embocadura do rio Doce;
- A serra, rebordo oriental do Planalto Brasileiro, com uma altura geral de 700m, coroada aqui e ali por maciços montanhosos.

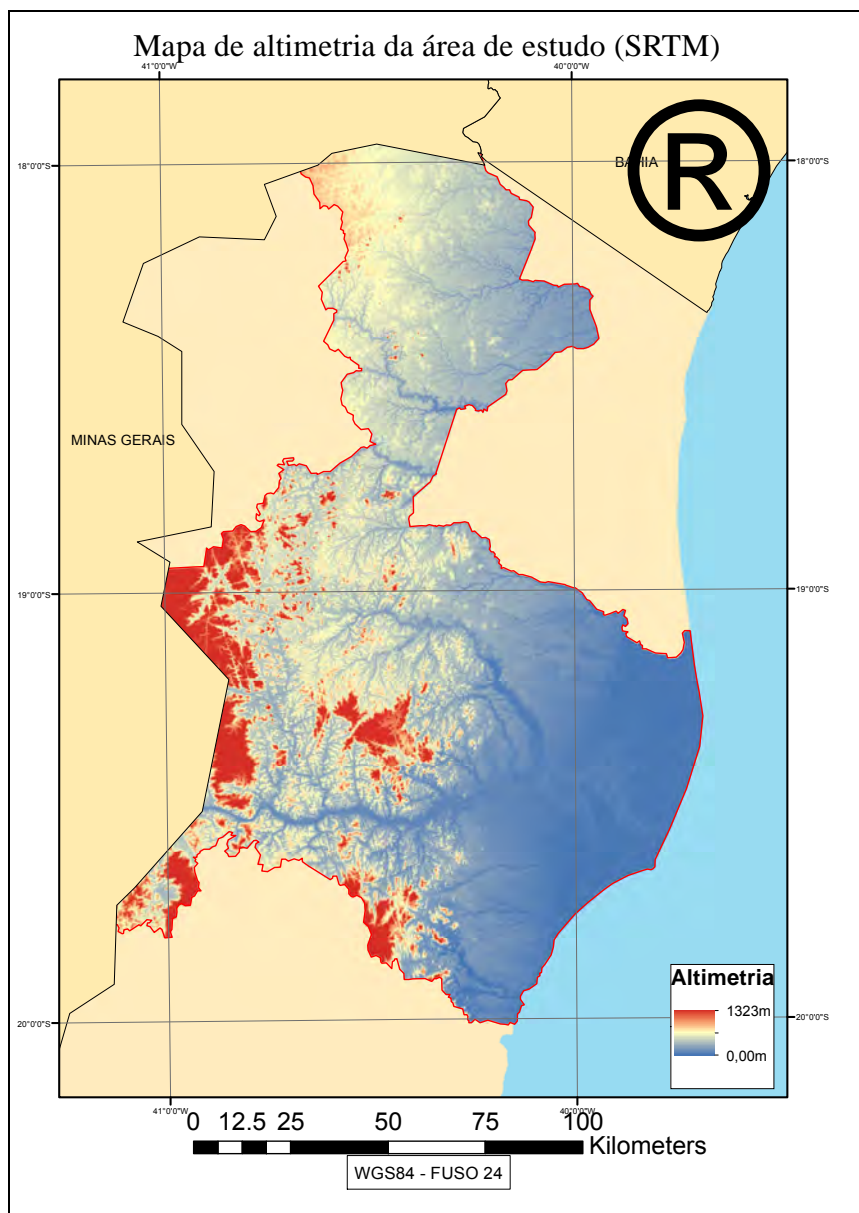


Figura 3.3: Amplitude altimétrica da área de estudo.

De maneira geral, a área de estudo contém trechos com cada uma das unidades de relevo descritas acima, em menor ou maior quantidade.

3.2 Solos

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) a região litorânea (Figura 3.4) apresenta solos do tipo Espodossolo, Gleissolo e Neossolo. Enquanto nas demais áreas, dois grandes grupos de solo estão presentes, os Argissolos e os Latossolos, com a seguinte ocorrência:

Argissolos:

- Vermelho-Amarelos Distróficos – mais presente ao norte, região de planalto;
- Vermelho-Amarelo Eutrófico – localizado a oeste, região de relevo acidentado.

Latossoilos:

- Amarelo: predominante na área de estudo estendendo-se de norte a sul;
- Bruno: pontos isolados a oeste;
- Vermelho-Amarelo: concentrado no sudoeste da área de estudada.

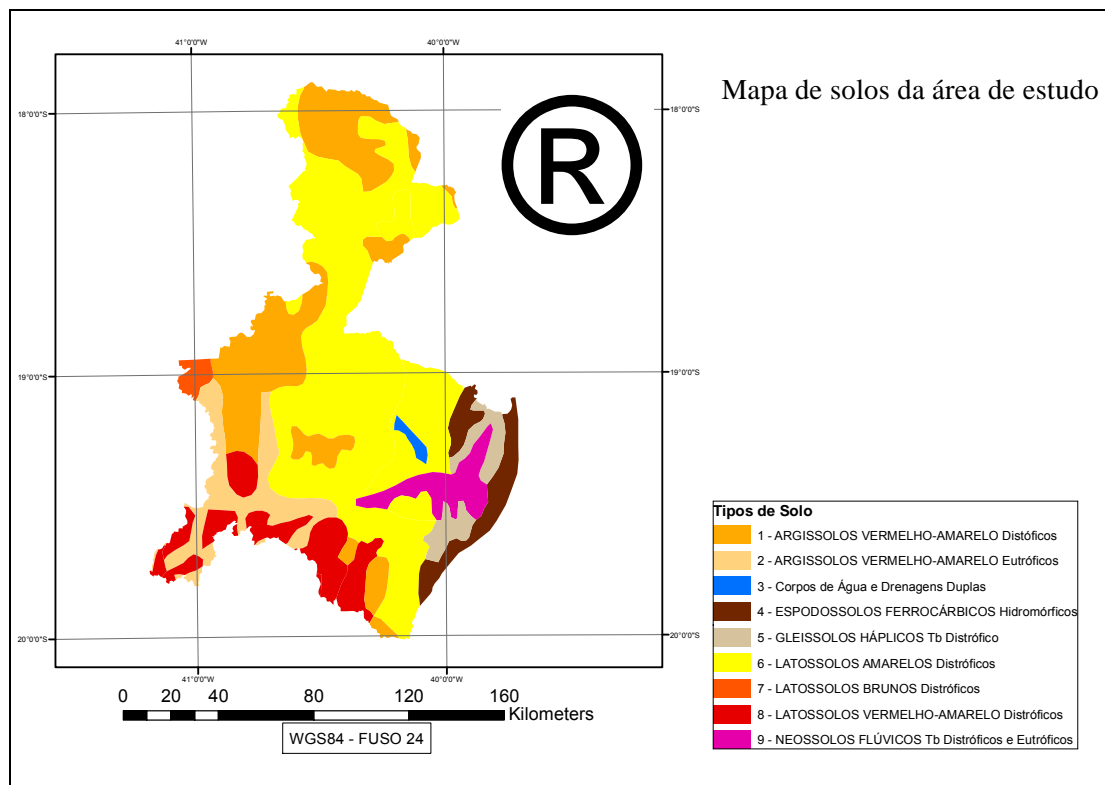


Figura 3.4 – Mapa de solos da área de estudo
Fonte: Embrapa (2006).

Para maior conhecimento da região serão descritos sucintamente os três principais tipos de solos presentes na Figura 7, acima:

- Argissolo Vermelho Amarelo: Solos bem desenvolvidos e profundos, originalmente encontrados sob vegetação do tipo gramínea e comumente formados por eluviação. Apresentam se como argilosos no horizonte A, mas com diferença marcante de textura entre os horizontes A e B. Normalmente são bem drenados e ácidos.

- Latossolo Amarelo: Os Latossolos são solos não hidromórficos. Caracterizam-se por apresentar solos profundos, bastante envelhecidos, ácidos a fortemente ácidos e de boa drenagem, com teores de argila variáveis podendo ser bastante argilosos. Possuem teores de óxido de ferro muito baixos. São encontrados frequentemente em relevos plano a suave ondulado, podendo estar presente em relevo ondulado a fortemente ondulado.
- Latossolo Vermelho Amarelo: Solos de perfis profundos, fertilidade natural baixa e saturação de bases, também baixa. Distingue-se do Latossolo Amarelo por possuir maior teor de óxido de ferro. Presentes em relevos planos, suave ondulado e, em menor concentração, fortemente ondulado (VIEIRA, 1983).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Materiais

Para obter um mapa base com a espacialização das lavouras de café na área de estudo foram utilizados inicialmente:

(i) Ortofotos obtidas por meio de aerolevanteamento realizado a pedido do Governo do Estado do Espírito Santo no ano de 2007, com resolução espacial de 1x1m. Essas ortofotos foram utilizadas para gerar o mapa base em escala 1:5.000. Estas ortofotos apresentam três bandas, referentes às regiões espectrais do azul (0,45 a 0,52 μm), verde (0,52 a 0,60) e vermelho (0,63 a 0,69 μm).

(ii) Imagens de alta resolução obtidas em datas distintas das imagens utilizadas no mapeamento, como fator de auxílio à tomada de decisão, disponibilizadas pelo aplicativo Google Earth.

(iii) Para atualizar a área cafeeira foram empregadas imagens do TM/Landsat-5 do ano de 2010 e 2011, num total de cenas referentes as órbitas/pontos: 215/73; 215/74; 216/72; 216/73; 216/74, conforme mostrado no croqui da Figura 4.1.

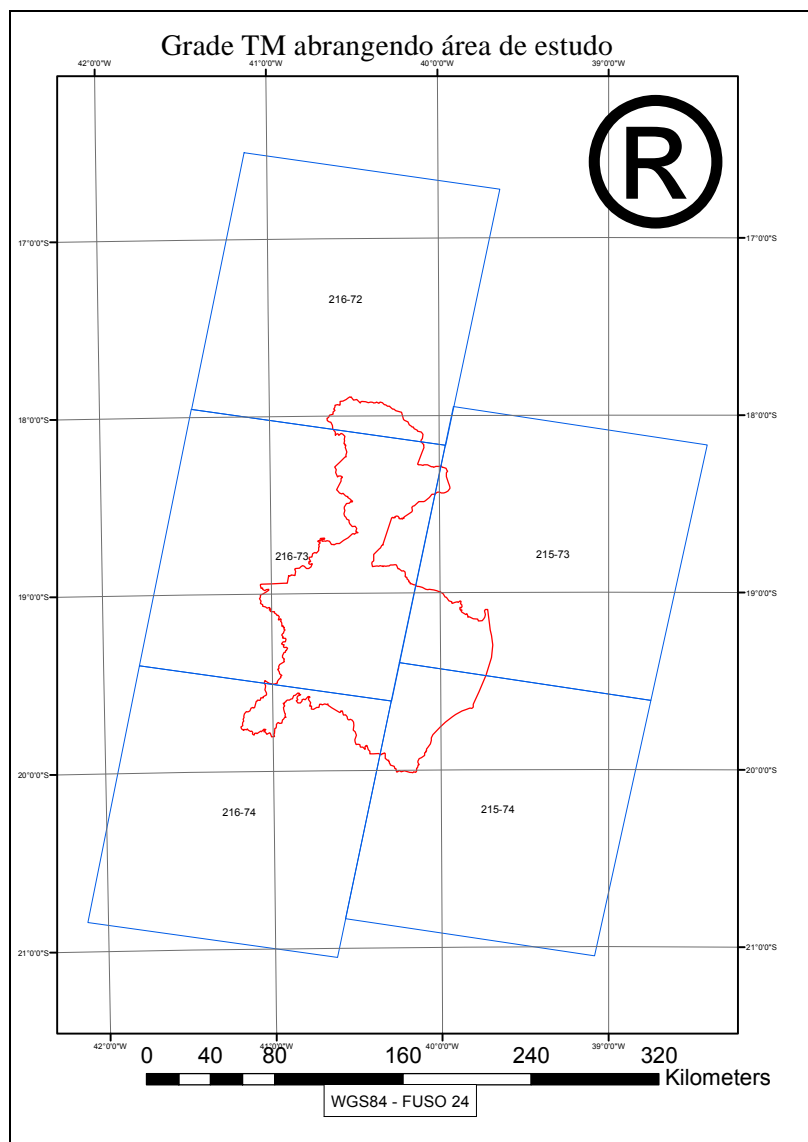


Figura 4.1 - Senas do satélite Landsat-5 necessárias para recobrir a área de estudo.

(iv) Para tratamento e manipulação desta base de dados foi empregado o aplicativo SPRING, 4.3.3., ENVI 4.7 e ArcGIS 10.

(v) Dados SRTM, com resolução horizontal (resolução espacial) de 3 arco-segundos (aproximadamente 90 m) e resolução vertical de 1 m, foram obtidos através do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008), que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional.

(vi) Mapa de Solos realizado em escala de 1:1.000.0000 (EMBRAPA, 2008)

4.2. Metodologia

A metodologia adotada nesta pesquisa para obter o mapa das lavouras de café seguiu as recomendações de Moreira *et al.* (2007) e é composta pelas etapas descritas a seguir:

- (i) Coleta de dados censitários sobre o cultivo do café nos municípios da área de estudo.
- (ii) Estruturação de banco de dados geográfico (BDG) e obtenção do mapa temático base, contendo a distribuição espacial das lavouras, conforme Figura 4.2.
- (iii) Atualização do mapa temático, com base na interpretação de imagens TM/Landsat-5 e relacionamento com as variáveis morfométricas e tipos de solo (Figura 4.3).

De maneira esquemática a metodologia aplicada nesta pesquisa pode ser visualizada nos fluxogramas contidos nas Figuras 4.2 e 4.3.

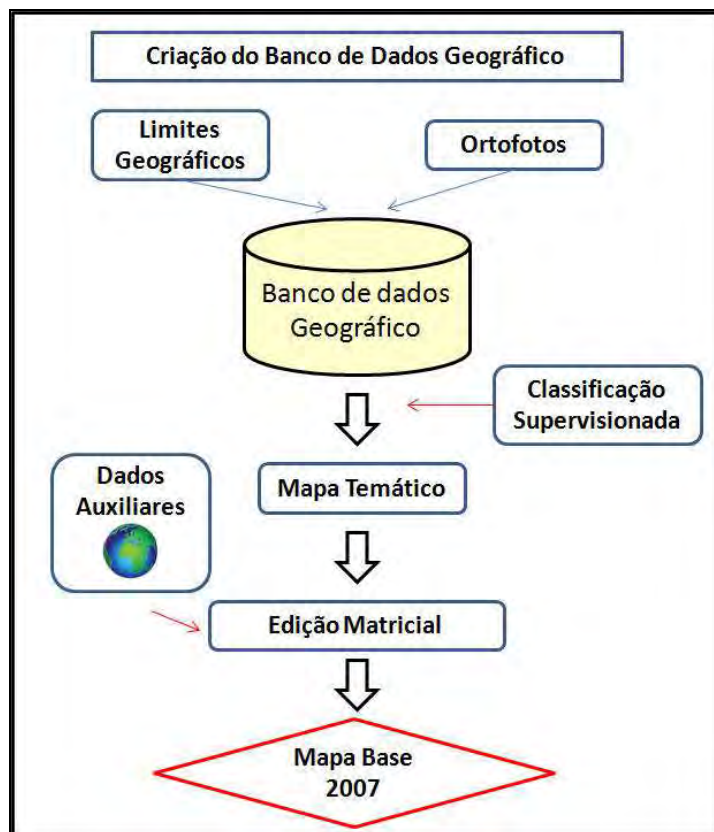


Figura 4.2 – Fluxograma de criação do banco de dados usado para a geração do mapa base 2007.

A coleta de dados censitários sobre o cultivo do café nos municípios contidos na área de estudos teve como objetivo conhecer quais os municípios maiores e menores produtores. Estes dados serviram como parâmetro na etapa de interpretação.

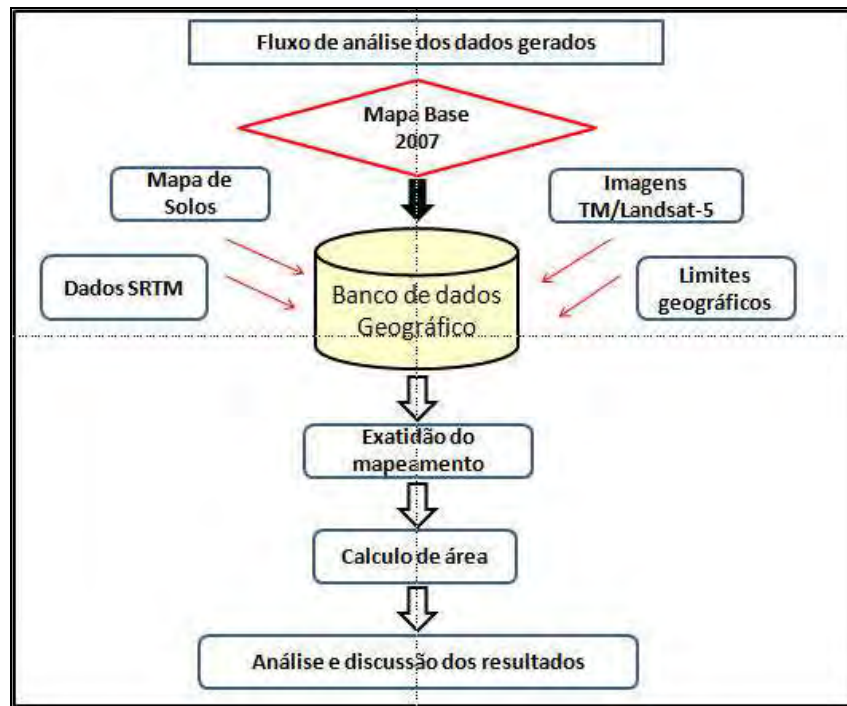


Figura 4.3 – Fluxograma de obtenção e análise dos resultados.

As ortofotos foram importadas para o banco de dados no SPRING e, então, realizada a interpretação visual na tela do computador. Inicialmente foi aplicado um classificador do tipo supervisionado, MAXVER, para obter uma base temática, onde posteriormente foram desenhados os polígonos que representam as lavouras de café, por meio de uma interpretação visual diretamente na tela do computador. Esta etapa foi realizada através da função de edição matricial, implementada no aplicativo SPRING.

A etapa seguinte foi atualizar o mapa base, que contem as informações das lavouras de café existente no ano de 2007, em relação ao parque cafeeiro dos anos de 2010 e 2011. O procedimento de atualização consistiu em sobrepor o mapa base sobre as imagens do TM/Landsat-5 e, através de uma análise visual, o intérprete fez a atualização do mapa, que consistiu em adicionar novas lavouras de café ou apagar polígonos de café que haviam sido mapeados nas ortofotos, porém foram erradicadas posteriormente. Esta

atualização foi realizada por meio da interpretação nas imagens TM/Landsat-5 listadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Orbitas/pontos e datas das imagens TM/Landsat-5 empregadas para atualizar o mapa temático obtido das ortofotos.

órbita/ponto	72	73	74
215	-	30/07/2011	30/07/2011
216	21/07/2011	31/05/2010	31/05/2010

A utilização de imagens TM/Landsat-5 do ano de 2010, para a órbita/pontos 216/73 e 74 se deveu à impossibilidade de obtenção de imagens livres de cobertura de nuvens no ano de 2011.

As imagens foram restauradas, conforme recomendação de Moreira *et al.* (2007) e, para realizar a restauração foi seguida a recomendação de Fonseca (1988). De acordo com o autor a restauração é realizada por um filtro linear, cujos pesos utilizados neste filtro são obtidos a partir das características do tipo de sensor e da banda espectral em que opera. Difere-se da forma empírica como é feito no caso dos filtros de realce tradicionais. A restauração feita no SPRING possibilita a obtenção de imagem de saída com os seguintes tamanhos de pixels: 30, 25, 20, 15, 10 e 5 m. Vale ressaltar que o processo de reamostragem por si só não cria informação, mas permite um mapeamento mais preciso por parte do intérprete por que é possível ampliar mais a imagens e, com isto, podem-se delimitar melhor os polígonos de pequenas lavouras. Nesta pesquisa foram utilizados pixels de 10 m x 10 m, conforme recomendado por Moreira *et al.*, (2007).

Após o processo de restauração foi feito o georreferenciamento das imagens de maneira a ajustar as imagens o mais fidedignamente possível. O georreferenciamento foi realizado por meio da abordagem bilinear com resultados de deslocamento da ordem de 0,3 pixel. Essas imagens foram importadas para o banco de dados, e então utilizadas como base no processo de atualização das áreas de produção de café. O mosaico de imagens utilizado nesta etapa de atualização do mapeamento pode ser visto na Figura 4.4, a seguir.

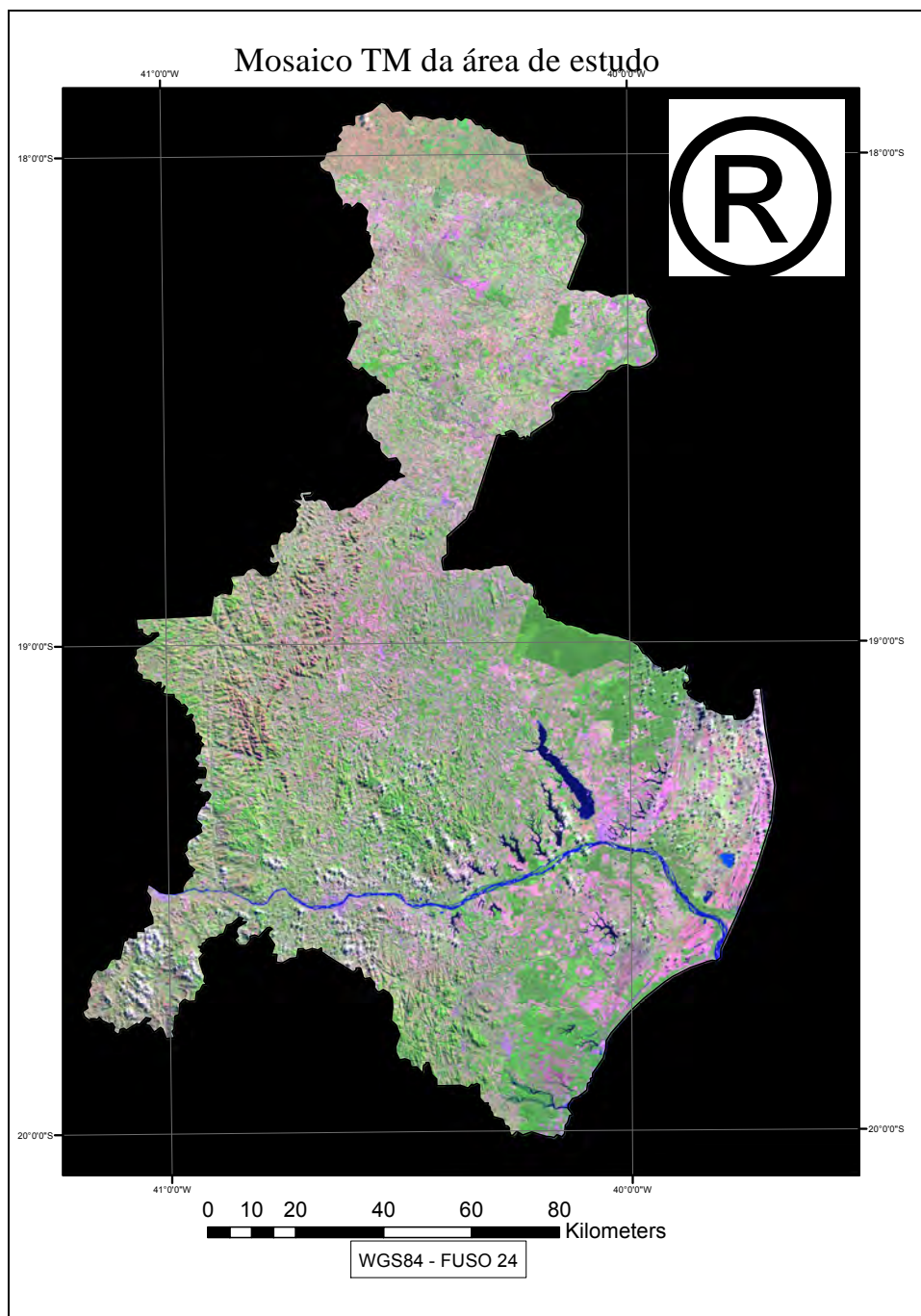


Figura 4.4 - Mosaico de imagens TM utilizado na atualização do mapeamento de café, em composição colorida R5G4B3.

As imagens de alta resolução espacial do aplicativo Google Earth, predominantemente dos sensores GeoEye, SPOT e Quickbird, quando disponíveis, foram utilizadas como dados auxiliares para identificar se o polígono era ou não lavoura de café (Figura 4.5).

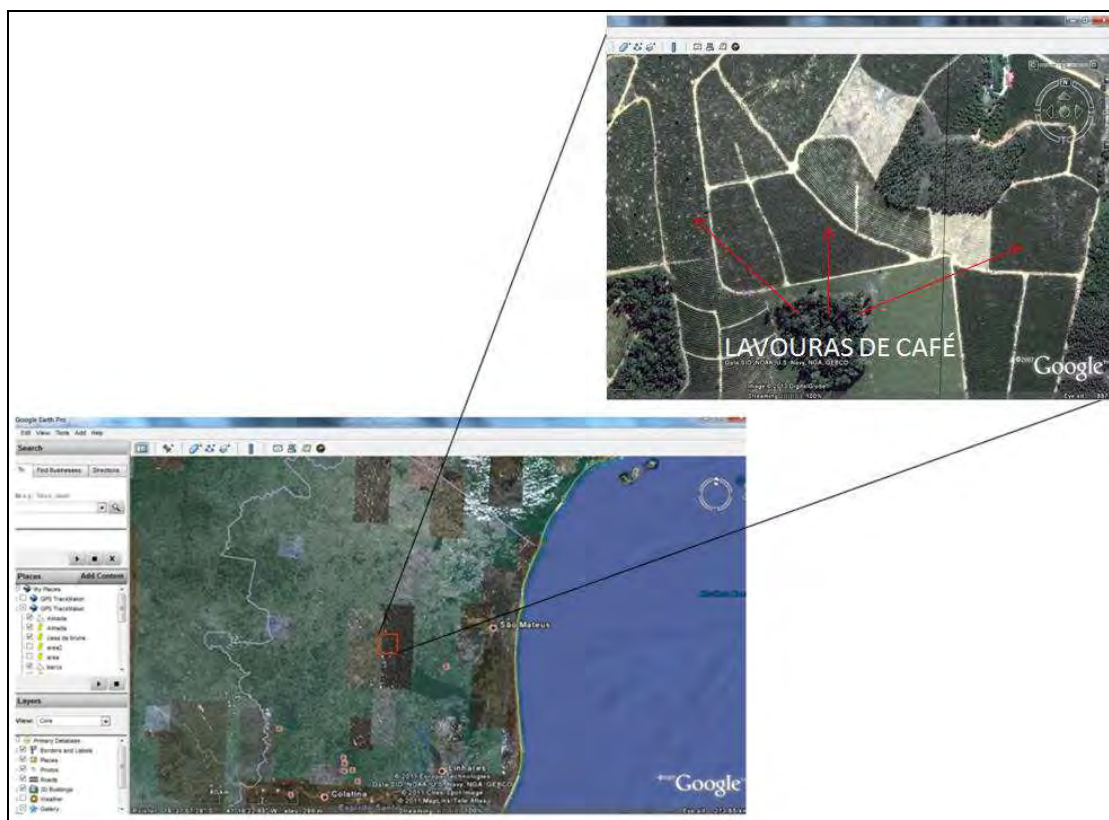


Figura 4.5- Aplicativo Google com mosaico de imagens de alta resolução da área de estudo e, em evidência, área com café em Vila Valério – ES

4.2.1 – Confiabilidade do Mapeamento

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2004), a agricultura brasileira tem evoluído a cada safra, aumentando o volume e a complexidade dos trabalhos pertinentes às estimativas da produção. Além da grande extensão territorial, as diversidades regionais de aspectos físicos (clima, solo, relevo, cobertura vegetal e disponibilidade hídrica), econômicos (fontes de financiamento e nível de investimento em insumos e tecnologia) e socioculturais (perfil do produtor e conhecimento tradicional) sobrecarregam os trabalhos de estimativas de safras agrícolas (Conab, 2012). Por estas razões, mapear áreas com culturas agrícolas, por meio de imagens de satélites de média e baixa resolução espacial, ainda não é uma tarefa trivial.

Os mapas temáticos gerados a partir de uma classificação carregam dois tipos de erros, que, segundo Adami *et al.* (2011), são definidos com base em dois aspectos cartográficos: o temático e o de posicionamento. O temático corresponde à precisão do

mapa, ou seja, avalia quão real é a classe mapeada em relação à classe de uso e ocupação do solo. Já o aspecto de posicionamento está relacionado com a exatidão de mapeamento, isto é, um polígono que foi mapeado como café é realmente café? Em outras palavras, a precisão do mapa temático está relacionada com a área mapeada e a área real existente no campo. Por exemplo, supondo que a área de mata natural obtida a partir da interpretação da imagem seja de 10.000 ha, e no campo a área realmente ocupada com esta classe é de 9.700 ha. A precisão do mapeamento é de 97%. Esse resultado indica que o mapa apresenta boa precisão, no entanto, não dá um índice de acerto do posicionamento das áreas, ou seja, não diz se todas as áreas mapeadas como mata natural são realmente mata natural no campo.

Para Bernardes (2012), a exatidão de um mapa indica a proximidade de uma determinada medida ao seu valor real. No entanto, determinar os erros de precisão e de exatidão nos mapas derivados de interpretação de imagens de satélites, também não é uma tarefa trivial, pois requer um dado de referência conhecido, por exemplo, medidas das áreas mapeadas a campo. Isso pode inviabilizar quaisquer projetos envolvendo dados orbitais. Comparar os resultados obtidos com estatísticas oficiais não é recomendado, uma vez que a origem das informações é diferente. Os mapas temáticos possuem informações mais objetivas, comparado a grau de subjetividade dos dados coletados para gerar as estatísticas oficiais.

No caso do mapeamento de lavouras de café, os erros de exatidão e de precisão são agravados pelo fato de o cultivo do café ser bastante heterogêneo, com relação a tamanho das lavouras, estágio fenológico, vigor vegetativo e práticas de manejo, e diferem em cada propriedade rural, por esta razão Moreira *et al.* (2007) sugerem restaurar as imagens e obter uma imagem restaurada com tamanho de pixel de 10 m x 10 m.

Para os autores, selecionar um tipo apropriado de amostragem para o cálculo da exatidão do mapeamento não é trivial, pois há dificuldade em se gerar uma matriz de erro que seja representativa de todas as classes fotointerpretadas na imagem. Congalton (1988), utilizando resultados de fotointerpretação de dados do MSS/Landsat, comparou diversos tipos de amostragem de área para determinar a exatidão de mapeamento de

diferentes coberturas do solo. Os tipos de amostragem utilizados foram: amostragem aleatória simples (AAS), amostragem estratificada (AE), amostragem estratificada não alinhada (AENA). O autor observou que a AAS sempre forneceu estimativa adequada dos parâmetros da população. No caso de áreas ocupadas com culturas agrícolas e pastagem, a AAS e AENA superestimaram os parâmetros da população.

O tamanho da amostra é outro parâmetro que deve ser levado em consideração quando se pretende estabelecer um esquema de amostragem. Em geral, ele deve ser determinado com base em dois critérios: estatístico e econômico. Fitzpatrick-Lins (1981) estabeleceu método para o cálculo inicial do tamanho da amostra, descrito pela Equação1:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2}{d^2} \times p_0(1-p_0) \quad (1)$$

Sendo: $Z_{\alpha/2}$, o valor da função de distribuição acumulada da distribuição normal relativo a uma área igual a $1 - \alpha/2$; p_0 , a exatidão de mapeamento mínima desejada para o mapa; e d , o erro máximo de estimativa desejado.

Rosenfield *et al.* (1982) observaram que na equação proposta por Fitzpatrick-Lins (1981) não se leva em consideração a correção de continuidade para aproximar a distribuição binomial. Propuseram, então, outra abordagem para o cálculo do tamanho da amostra, de acordo com Equação2:

$$n = Z_{\alpha/2} \times \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n + 1/2n}} \quad (2)$$

A exatidão de um mapa temático pode ser aferida por diferentes índices derivados da matriz de erro, também denominada matriz de confusão. A matriz de confusão expressa, em linhas e colunas, a distribuição de percentagem de pixels ou áreas classificados correta e erroneamente (CONGALTON, 1988). Dentre os índices têm-se o de exatidão global (P_o), do consumidor e do produtor. A exatidão global e a variância são determinadas por meio das Equações 3 e 4:

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^c X_{ii}}{N} \quad (3)$$

em que, P_o é a exatidão global, X_{ii} é o somatório dos valores na diagonal principal e N é a soma total dos valores das linhas e colunas.

A variância ($\sigma^2_{p_o}$) é dada por:

$$\sigma^2 = \frac{p_o(1 - p_o)}{N} \quad (4)$$

Já o erro de precisão é difícil de ser avaliado uma vez que ele está intimamente ligado à delimitação das bordas dos talhões do alvo, no caso os cafezais, e ao zelo do intérprete ao aplicar a edição matricial para corrigir erros de classificação.

Através dos dados da matriz de erro é também possível utilizar técnicas de análise multivariada para determinar a concordância do mapeamento com a verdade de campo. Segundo Congalton e Mead (1983), essas técnicas são apropriadas, pois os dados são de natureza discreta (não contínuos) e encontram-se distribuídos multinomialmente. Neste sentido, a estatística Kappa (K) é um método muito utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático, obtido a partir da interpretação de imagens de satélites. O índice Kappa e a variância são calculados pelas Equações 5, 6 e 7.

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \quad (5)$$

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^m n_{i+} \cdot n_{+j}}{N^2} \quad (6)$$

$$\sigma^2_k = \frac{P_c(1 - P_o)}{N(1 - P_c)^2} \quad (7)$$

Sendo, P_o a exatidão geral; P_c a proporção de unidades que concordam por casualidade; m , o número de classes presentes na matriz de erro; n_{i+} e n_{+j} , os totais marginais da linha i e da coluna j , respectivamente; e N , o número total de unidades amostrais contempladas pela matriz. Utilizando álgebra de mapas será obtido a área de café por município.

4.2.2. Trabalho de Campo

O trabalho de campo teve duração de cinco dias e foi realizado entre os dias 11 e 15 de junho de 2012. Durante estes dias foram percorridas todas as microrregiões que compõem a área de estudo, realizando registros fotográficos associados a pontos coletados com GPS, com aparelho Garmin modelo GPSMAP® 60CSx, com o intuito de gerar evidência do uso e cobertura do solo de maneira representativa (Figura 4.6).

Nesta etapa do trabalho também se garantiu a ocorrência das características regionais de cultivo observadas durante o mapeamento, como consórcio com a cultura de banana e coco. Através do relatório fotográfico, constante como Anexo A deste documento, é possível notar as diferentes características de cultivo de café observadas em toda a área de abrangência da região de estudo.

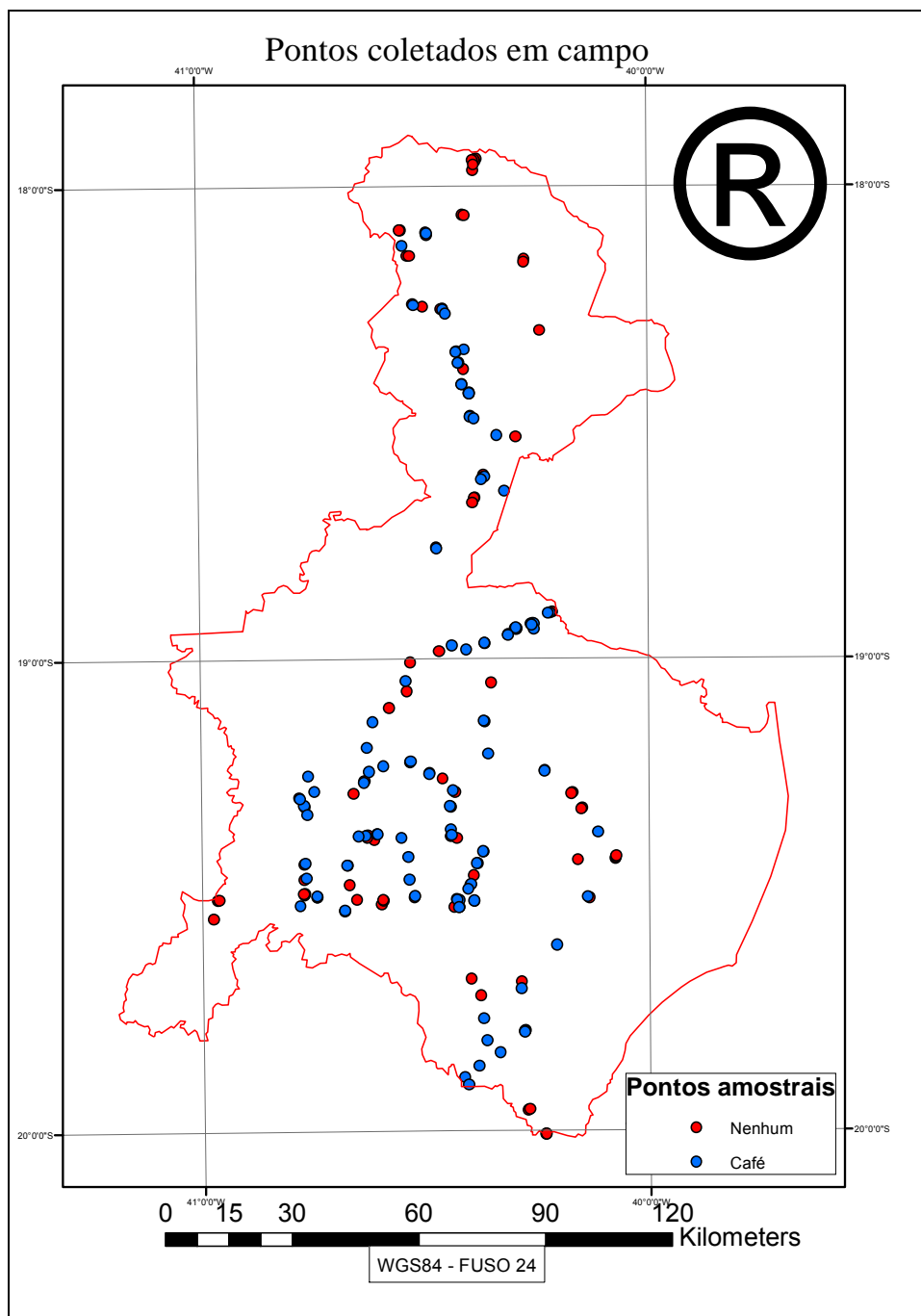


Figura 4.6 – Área de estudo com distribuição espacial dos pontos amostrados.

Durante este período foram coletados 188 pontos, sendo 94 pertencentes à classe café e 94 pertencentes à classe não-café, a fim de validar a classificação. Estes pontos, com suas coordenadas em projeção plana UTM, fuso 24, encontram-se descritos no Anexo B deste documento.

4.2.3 – Distribuição das lavouras de café em relação às variáveis morfométricas

As variáveis altitude, declividade e posição de vertente foram determinadas a partir dos dados do SRTM, conforme recomendação de Adami *et al.*, (2011). Para isso, os dados em formato matricial foram mosaicados de maneira a abranger a área de estudo e, posteriormente, recortados para conter apenas a região de interesse. Através da utilização de ferramentas de softwares de manipulação de dados geográficos realizou-se a vetorização deste dado e obtivemos os seguintes mapas: Orientação de vertentes, declividade e altimetria.

Visando a caracterização da área produtora, foi feito o cruzamento destes vetores com os polígonos obtidos no final da etapa de atualização do mapeamento. A partir do mapa de orientação de vertentes temos a quantidade de lavoura em cada face de orientação. Pela porcentagem de declividade foram obtidas as áreas mecanizáveis ou não e a classificação do relevo. Também foi realizada uma caracterização com base na altimetria.

O modelo digital de elevação (MDE) do terreno utilizado foi gerado pelo SRTM em fevereiro de 2000, conforme relatam Rabus *et al.* (2003). A precisão vertical dos dados SRTM foi avaliada por Santos *et al.* (2006) em uma região próxima a Manaus. Os autores constataram que o modelo digital de elevação oriundo do SRTM foi melhor do que o MDE obtido a partir das informações da carta topográfica na escala 1:100.000, com erro médio quadrático de 7,642 m. Pinheiro (2006) comparou os dados SRTM e cartas topográficas em escala 1:50.000, com dados altimétricos obtidos com GPS de precisão, na região nordeste do planalto das araucárias, no Rio Grande do Sul, obteve resultados semelhantes ao estudo anterior, em que os valores altimétricos do MDE derivados do SRTM foram mais precisos quando comparados aos valores obtidos pelas cartas topográficas.

A partir da grade regular, realizou-se a segunda etapa do trabalho com o cálculo da declividade e da orientação de vertentes. A declividade é a taxa máxima de variação no valor da elevação podendo ser medida em graus (Equação 8) ou em percentual (%) (Equação 9). A orientação de vertentes é a direção em que foi obtida a declividade, sua unidade de medida é em graus (Equação 10). Em um sistema de informação geográfica

o cálculo da declividade é realizado por filtragem através de máscaras móveis (3x3 pixels), explorando-se a função de derivação na vizinhança de cada célula da grade.

$$D = \arctan \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (8)$$

$$\tan D = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (9)$$

$$\tan O = \left(\frac{-\partial z}{\partial x} / \frac{\partial z}{\partial y}\right), (-\pi < O < \pi) \quad (10)$$

em que: D refere-se à declividade; O , a orientação de vertente; z , a altimetria; x , à Latitude; e y , à Longitude.

Com os valores de altimetria, declividade e orientação de vertentes foi realizado o cálculo das estatísticas destas variáveis por polígono mapeado como café, por meio de operadores estatísticos zonais implementados no SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996). Para obter os valores de altimetria e declividade foi utilizado o operador de média e para os valores de orientação de vertentes, o operador de maioria zonal.

Com relação aos solos, foi realizada a intersecção entre o mapa de solos e o mapa das áreas ocupadas por café, obtendo-se um novo plano de informação com a relação de área de café por tipo de solo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez terminada a interpretação das lavouras de café nas ortofotos, obteve-se um mosaico com a distribuição espacial das áreas de café para o ano de 2007, ano de aquisição das ortofotos.

Com o objetivo de obter um mapa mais atualizado das lavouras de café na região de estudo, o mosaico obtido da interpretação das ortofotos foi sobreposto em imagens TM/Landsat-5 mais recentes disponíveis, tendo como restrição a cobertura de nuvens e a interrupção do funcionamento do Landsat-5. Conforme mostrado na Tabela 2 as imagens mais recentes, para esta área de estudo foram dos anos de 2010 e 2011.

Através da interpretação visual na tela do computador realizou-se a atualização do mapa com as lavouras de café. O mapa temático contido na Figura 5.1 mostra a distribuição espacial das lavouras de café na área de estudo após a atualização. Pode-se notar que a maior concentração das lavouras de café encontra-se na parte central da área estudada.

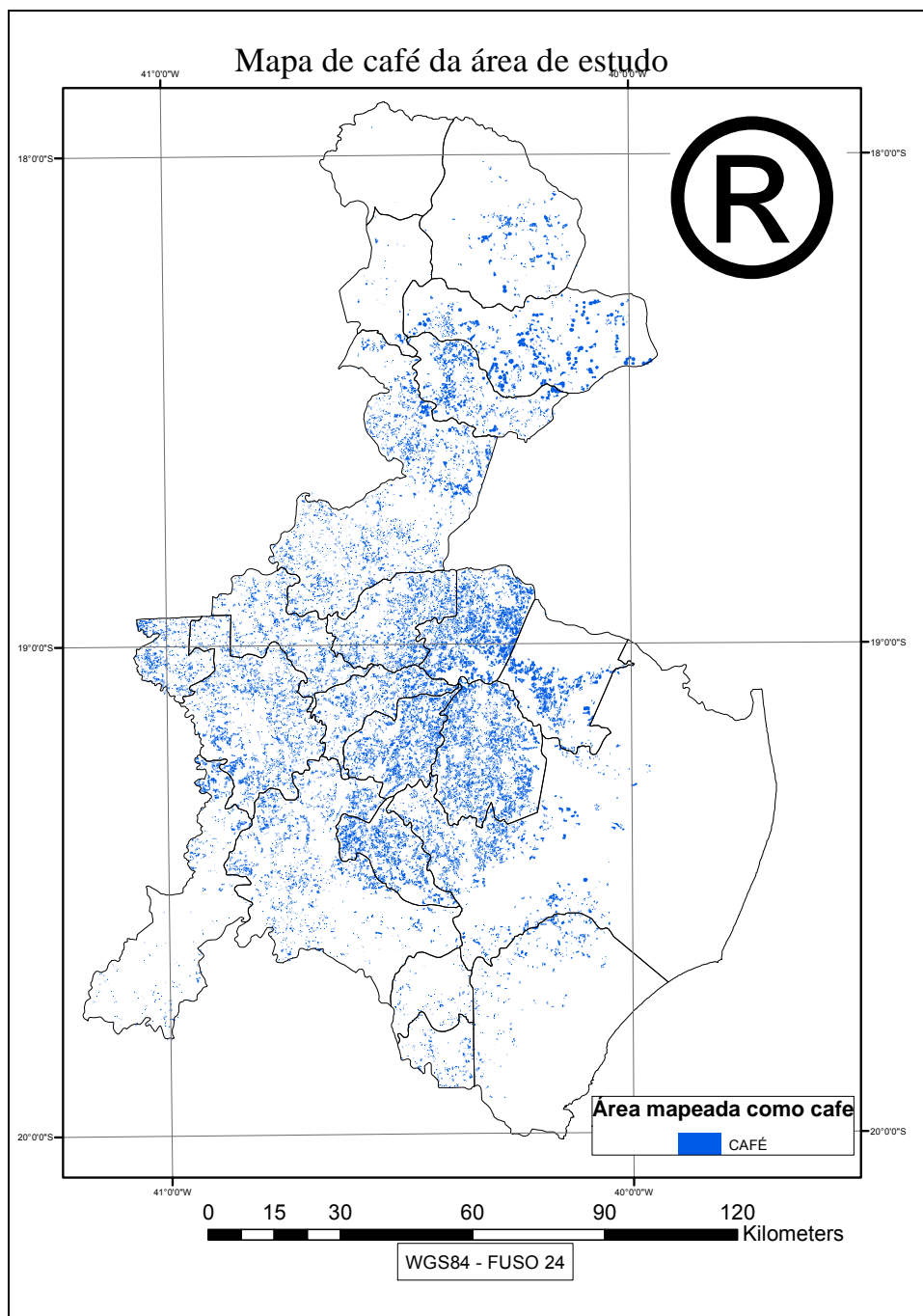


Figura 5.1 – Área mapeada como Café.

Na Tabela 5.1 é mostrada a área de café nos 22 municípios das quatro microrregiões contidas na área de estudo e na Figura 14 é mostrada a distribuição do café encontrado em cada uma das microrregiões.

Tabela 5.1 – Áreas de café obtidas por meio da interpretação de ortofotos e imagens do TM/Landsat-5, para os 22 municípios contidos nas quatro microrregiões estudadas.

Microrregião	Municípios	Área de café (ha)	Área do município ocupada com café (%)	Área em relação ao total mapeado (%)
Colatina	Alto Rio Novo	2.546,5	11,2	2,2
	Baixo Guandu	2.201,5	2,4	1,9
	Colatina	7.632,0	5,4	6,6
	Governador Lindenberg	6.998,3	19,5	6,1
	Marilândia	5.529,0	17,9	4,8
	Pancas	8.177,0	9,9	7,1
Noroeste	Águia Branca	3.577,0	7,9	3,1
	Boa Esperança	5.259,0	12,3	4,6
	Nova Venécia	11.642,8	8,1	10,1
	São Domingos do Norte	3.944,0	13,1	3,4
	São Gabriel da Palha	5.878,0	13,6	5,1
	Vila Valério	11.745,0	25,3	10,2
Linhares	Aracruz	2.004,0	1,4	1,7
	Ibiraçu	853,0	4,3	0,7
	João Neiva	379,0	1,4	0,3
	Linhares	7.816,0	2,3	6,8
	Rio Bananal	12.027,0	18,6	10,4
	Sooretama	5.677,0	9,5	4,9
Extremo-norte	Montanha	2.657,0	2,4	2,3
	Mucurici	9,0	0,01	0,0
	Pinheiros	8.522,0	8,7	7,4
	Ponto Belo	348,0	0,9	0,3
Total (ha)		115.427,2	-	100

Por meio da abordagem híbrida de interpretação de dados orbitais e suborbitais, foi mapeada na região de estudo uma área com 115.427,2 ha de café conforme mostrado na Tabela 3. Ao analisar os valores contidos nesta tabela, observa-se que os municípios com maior produção de café, por microrregião são: (i) Colatina (Pancas); (ii) Noroeste (Nova Venécia e Vila Valério); (iii) Linhares (Rio Bananal) e (iv) Extremo-Norte (Pinheiros). O café produzido nesses municípios corresponde a 45,1 % do total mapeado em toda área de estudo. Em termos de fração ocupada pelo cultivo do café

nota-se que os de maior expressão foram observados nos municípios de Vila Valério (25,3%), Governador Lindenberg (19,5%) e Rio Bananal (18,6%).

No gráfico da Figura 5.2 é mostrado como está distribuído o café mapeado. Enquanto na Figura 5.3, o gráfico de barras compara a quantidade de área ocupada com a cafeicultura em cada uma das microrregiões.

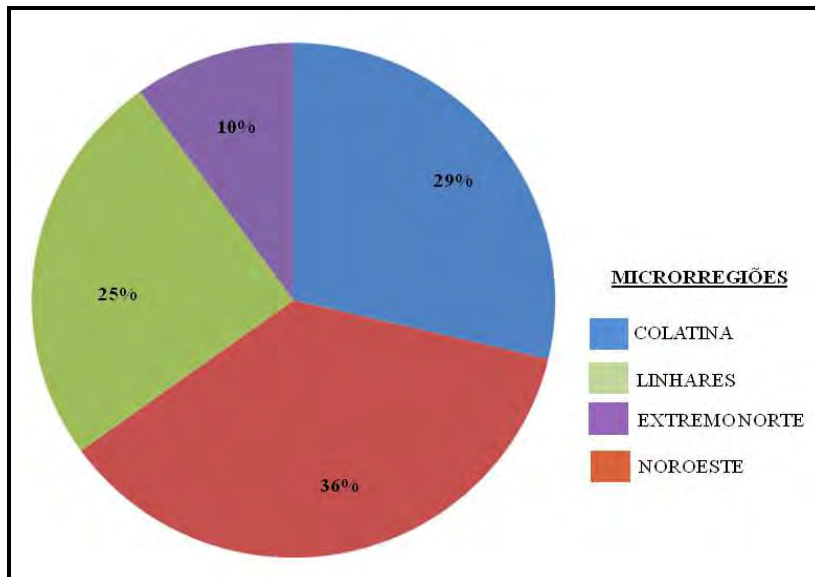


Figura 5.2 – Distribuição dos cafezais por microrregião contida na área de estudo

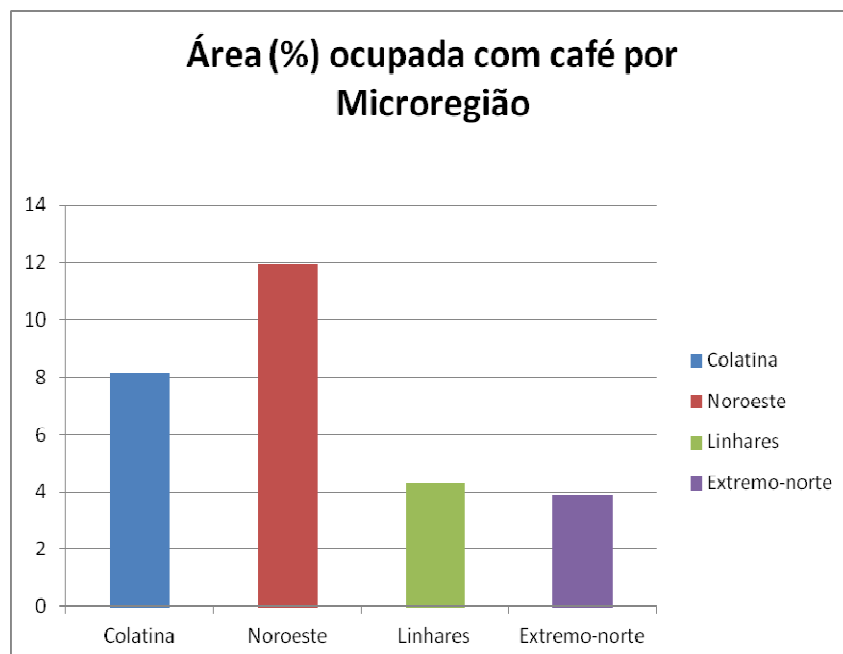


Figura 5.3– Área ocupada com cafeicultura

Na Figura 5.4 podem ser visualizados espacialmente os municípios com maior área relativa de produção de café. O município de Vila Valério é o único com mais de 20% de sua área total ocupado com a cafeicultura. Por outro lado, oito municípios apresentam a cafeicultura em menos que 5% de sua área total.

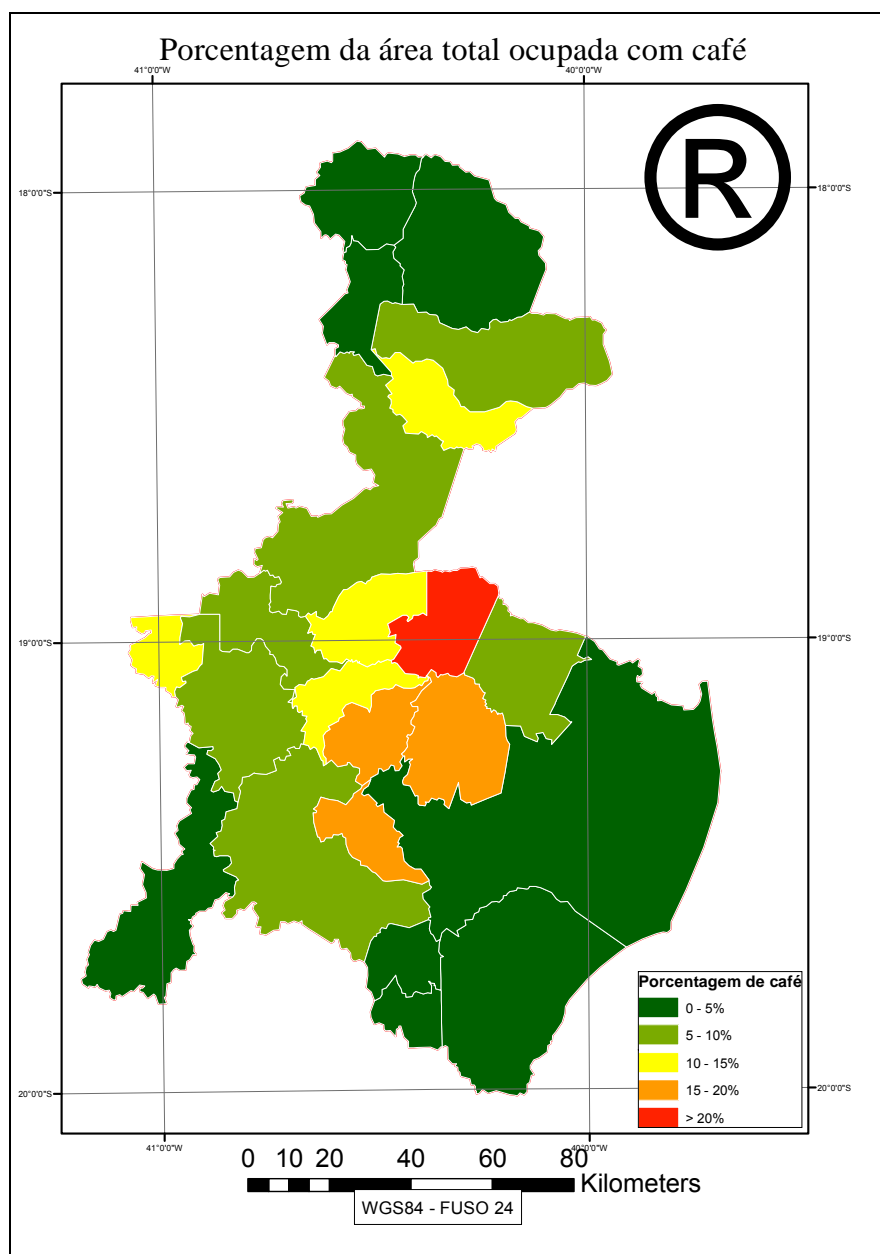


Figura 5.4 – Classificação dos municípios por área ocupada com café.

5.1 Análise da exatidão do mapeamento

Obtivemos a matriz de confusão relacionando os pontos coletados em campo com uma imagem classificada em duas classes: Café e Não-café (Figura 5.5).

```

Confusion Matrix: C:\Users\SergioCS\Desktop\matriz final\gambi\img_class_gambi
Overall Accuracy = (177/188) 94,1489%
Kappa Coefficient = 0,8830

```

Class	Ground Truth (Pixels)		Total
	EVF: Layer: c	pEVF: Layer: p	
Unclassified	0	0	0
EVF: Layer: c	87	4	91
EVF: Layer: n	7	90	97
Total	94	94	188

Class	Ground Truth (Percent)		Total
	EVF: Layer: c	pEVF: Layer: p	
Unclassified	0,00	0,00	0,00
EVF: Layer: c	92,55	4,26	48,40
EVF: Layer: n	7,45	95,74	51,60
Total	100,00	100,00	100,00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)		Omission (Pixels)	
EVF: Layer: c	4,40	7,45	4/91		7/94	
EVF: Layer: n	7,22	4,26	7/97		4/94	

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)		User Acc. (Pixels)	
EVF: Layer: c	92,55	95,60	87/94		87/91	
EVF: Layer: n	95,74	92,78	90/94		90/97	

Figura 5.5: Matriz de confusão obtida a partir dos 188 pontos coletados em campo

A precisão geral obtida foi de 94,15% enquanto o índice Kappa ficou em 0,88. Dos 94 pontos de café coletados, 87 foram mapeados corretamente, enquanto dos 94 pontos coletados como não café, quatro foram classificados erradamente como café.

5.2 – Relação das lavouras de café com as variáveis morfométricas

Uma vez obtido o mapa com a espacialização das lavouras de café e os mapas de declividade, altitude e posição de vertente, fez-se, através de álgebra de mapa o cruzamento dessas informações para caracterizar o ambiente cafeeiro em relação a essas três variáveis.

5.2.1. Declividade

A caracterização do relevo em termos de declividade foi mais um parâmetro avaliado nesta pesquisa. Para tanto foram adotados níveis de declividades de acordo com a Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Níveis de declividades e classes de relevos

Declividade (%)	Classe de relevo (EMBRAPA)	Classe
0-3	Plano	1
3-8	Suavemente Ondulado	2
8-20	Ondulado	3
20-45	Fortemente Ondulado	4
45-75	Montanhoso	5
>75	Fortemente Montanhoso	6

Fonte: Adaptada da Embrapa (2006).

O mapa contido na Figura 5.6 mostra o perfil da área por classes de declividades.

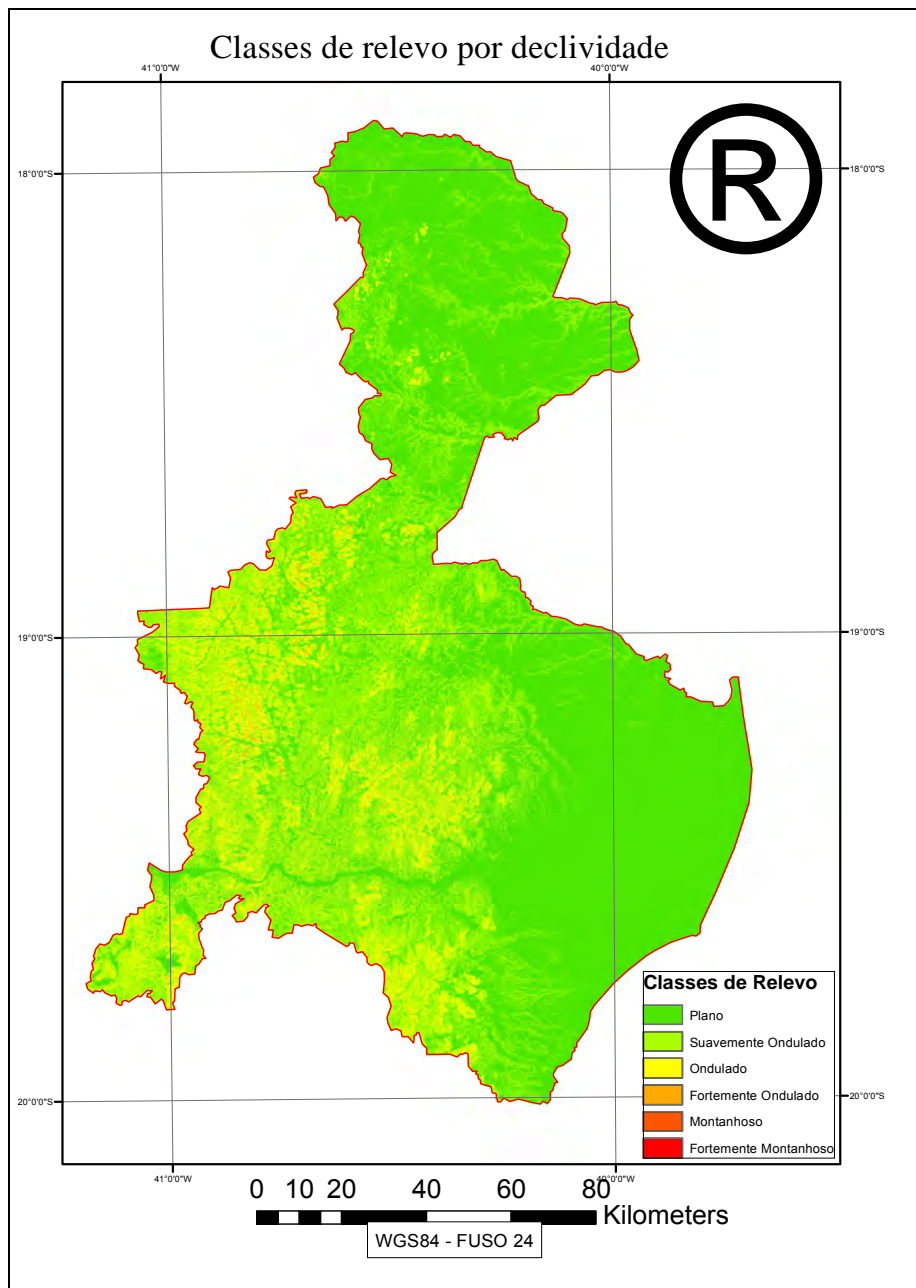


Figura 5.6 – Área de estudo com os diferentes níveis de declividades.

Em relação a esta classificação, o café apresentou-se distribuído conforme o gráfico da Figura 5.7, a seguir. O Anexo C deste documento traz as áreas de café por classe de relevo por município.

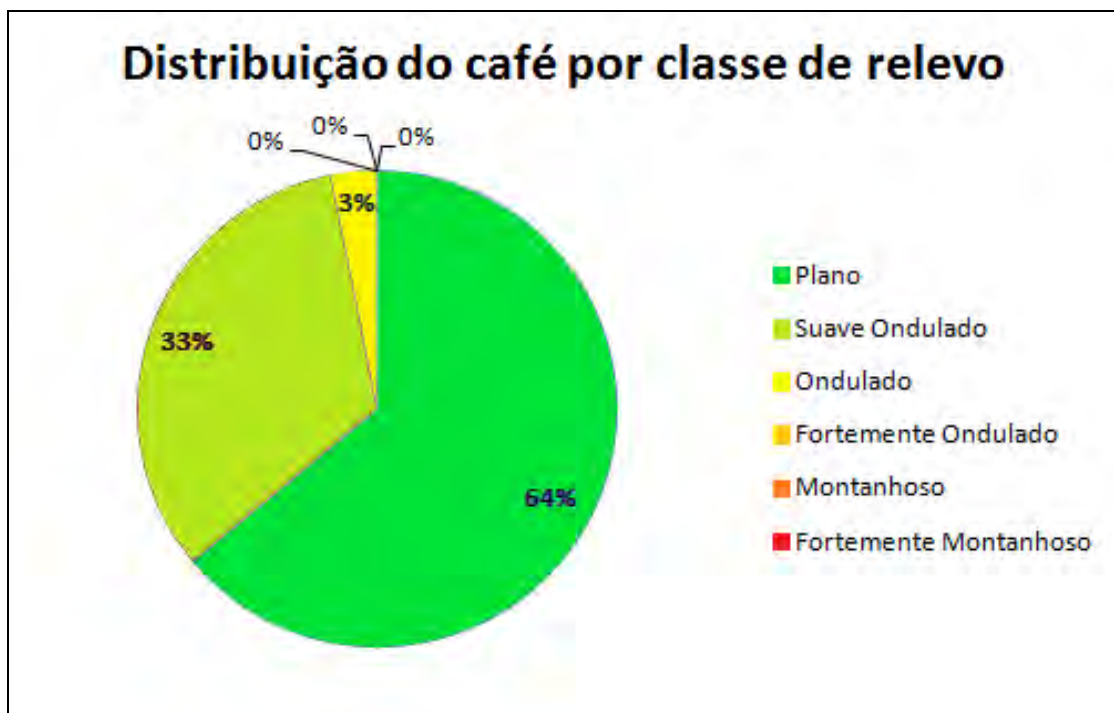


Figura 5.7 - Gráfico com a distribuição do café por classes de relevo.

Deve-se ressaltar que a declividade do terreno define a possibilidade ou não do uso de máquinas na lavoura. Em outras palavras, a declividade é um parâmetro que indica se uma área é ou não mecanizável. Na Tabela 5.3 está contida a área de café mecanizável (declividade menor de 15%) e não-mecanizável (maior de 15%) e a porcentagem em relação à área de café no município.

Tabela 5.3 – Área de café mecanizável e não mecanizável e porcentagem em relação ao total por município.

Município	Declividade			
	Área de café (ha)			
	mecanizável	(%)	não-mecanizável	(%)
Águia Branca	3.570,6	99,80	6,50	0,18
Alto Rio Novo	2.540,6	99,70	5,60	0,20
Aracruz	2.004,8	99,90	0,04	0,10
Baixo Guandu	2.200,7	99,9	0,35	0,01
Boa Esperança	5.258,9	100,0	-	0,00
Colatina	7.623,7	99,80	8,56	0,20
Governador Lindenberg	6.996,7	99,90	1,50	0,10
Ibiraçu	850,7	99,70	2,20	0,30
João Neiva	379,0	99,88	0,42	0,12
Linhares	7.811,9	99,94	4,46	0,46
Marilândia	5.526,4	99,9	2,86	0,10
Montanha	2.657,3	100,0	-	0,00
Mucurici	9,05	100,0	-	0,00
Nova Venécia	11.640,6	99,9	1,85	0,10
Pancas	8.151,6	99,6	26,10	0,40
Ponto Belo	348,5	100,0	-	0,00
Rio Bananal	12.027,8	99,9	2,97	0,10
São Domingo do Norte	3.943,7	99,9	0,33	0,10
São Gabriel da Palha	5.877,4	9,99	0,72	0,10
Sooretama	5.677,2	100,0	-	0,00
Vila Valério	11.745,1	99,9	0,03	0,01
Rio Bananal	3.570,6	99,80	6,50	0,18

Ao observar os valores contidos na Tabela 5.3 nota-se que a maior parte da área com café encontra-se em locais com declividade menor que 15%, logo, podemos dizer que essas lavouras atendem o quesito de mecanização.

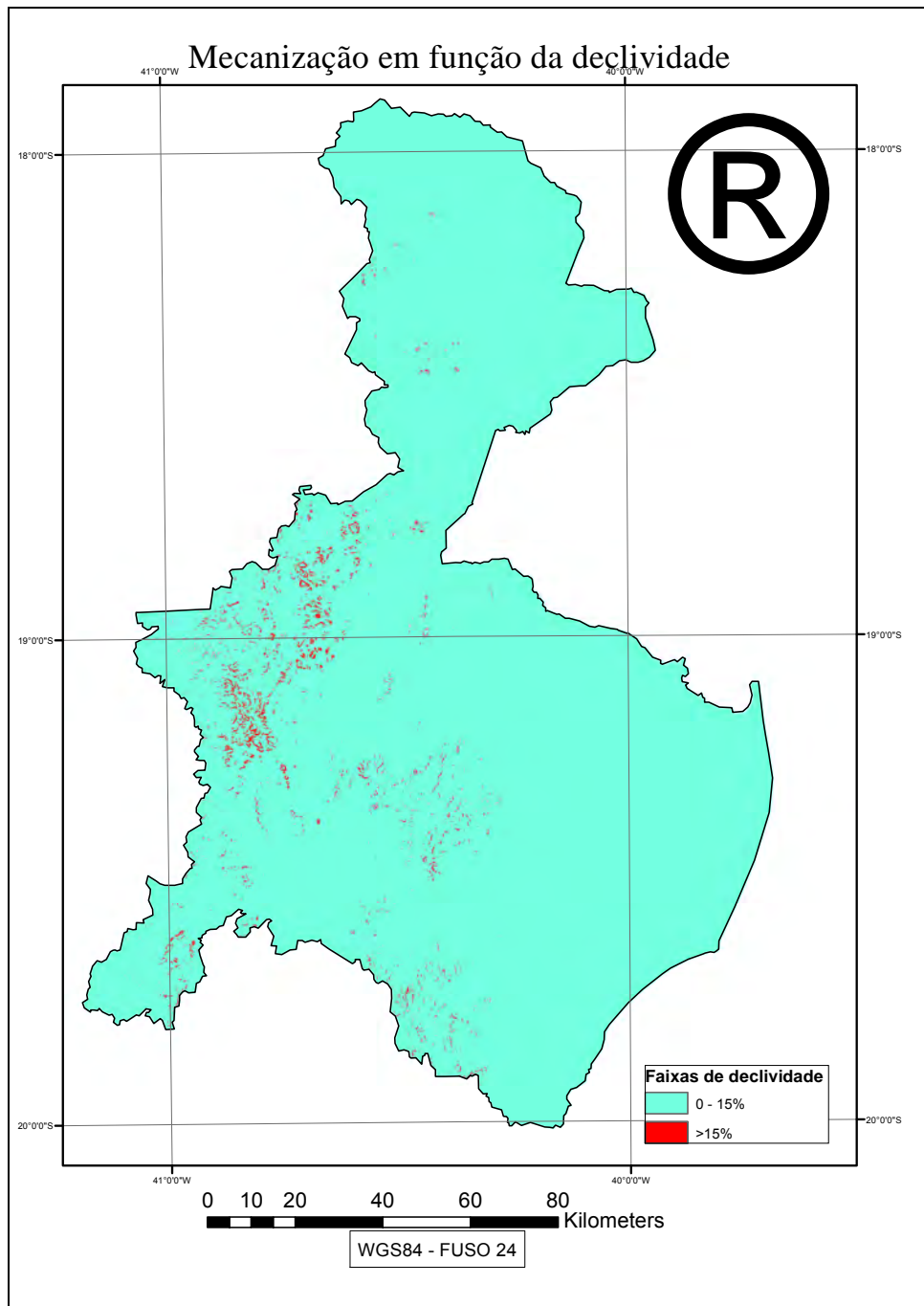


Figura 5.8 – Mapa com as áreas restritas ao uso de máquinas agrícolas.

Ao observar o mapa da Figura 5.8 nota-se que as áreas restritas ao uso de máquinas localizam-se na região oeste da área de estudo, em que é possível encontrar picos isolados denominados de pontões.

5.2.2 - Altimetria

A boa produção de café depende, em grande parte, de tratos culturais adequados e de fatores fisiológicos e ambientais favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Na condução de lavouras cafeeiras a altimetria é um parâmetro que deve ser observado em qualquer planejamento de implantação da cafeicultura no município. A altitude é um importante fator na definição dos processos de alteração das temperaturas do ar (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2006) e afeta na qualidade da bebida. Barbosa *et al.* (2011) observaram que cafés com melhor qualidade de bebida ocorrem preferencialmente em altitudes mais elevadas. Condições adequadas de altitude e exposição de vertentes também foram relatadas por Avelino *et al.* (2005) como condicionantes da qualidade sensorial da bebida do café. Para o estado de Minas Gerais, Sedyama *et al.* (2001) não recomendam o plantio de café arábica em altitude inferior a 500 m e superior a 1.200 m devido às condições de temperaturas desfavoráveis. Já para o café conilon recomenda-se o plantio em altitudes menores de 500 m. Para esta pesquisa foram adotados cinco níveis de altimetria (Figura 5.9).

No gráfico da Figura 22 temos a distribuição do café mapeado em função das classes de altitude. Podemos notar que 96% da área de café encontra-se até 500 m de altitude. Enquanto os 4% restantes estão localizados em altitudes entre 500 e 850 m.

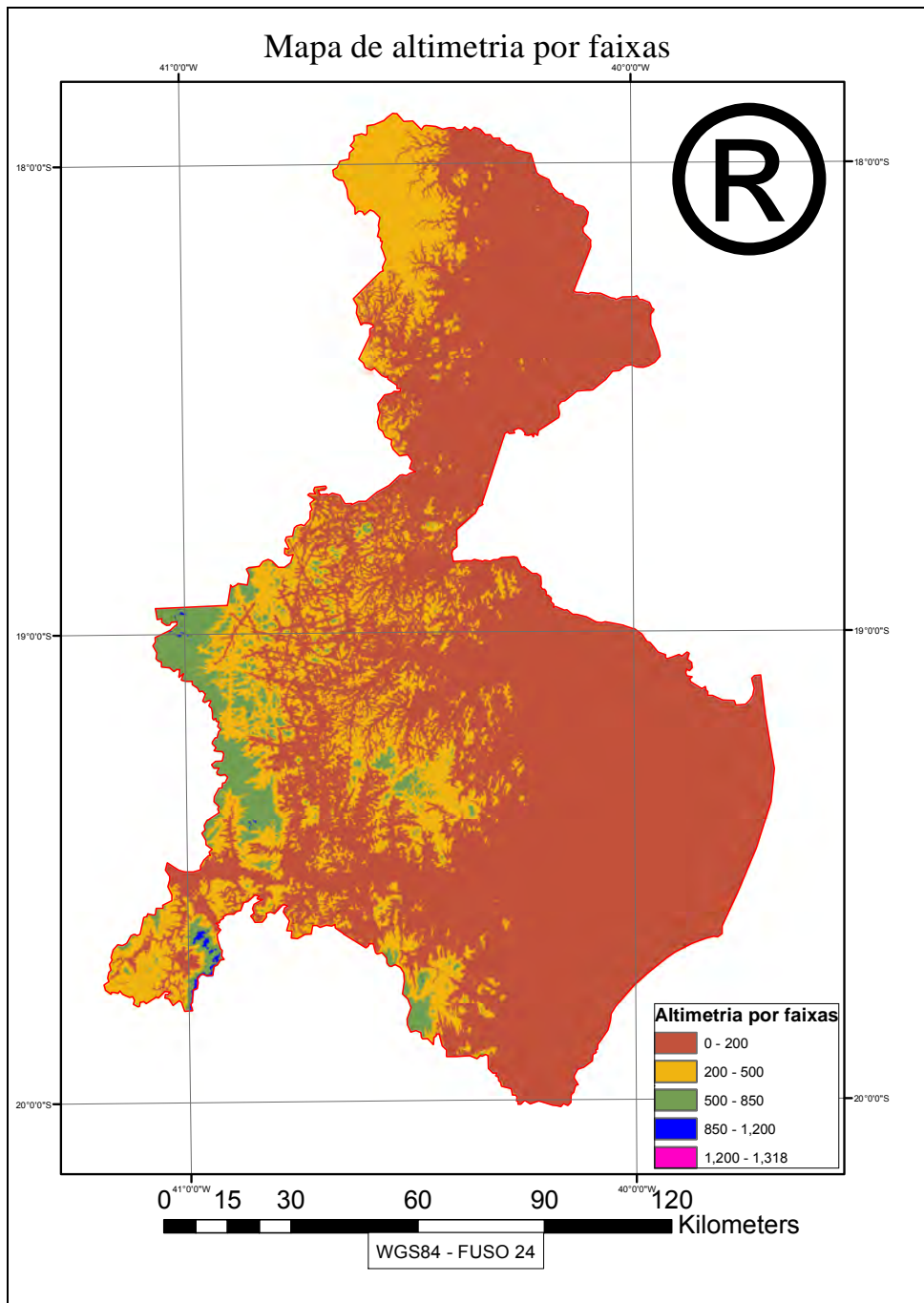


Figura 5.9 – Caracterização da área de estudo por faixa de altitude

Fonte: Adaptado de Sediya *et al.* (2001).

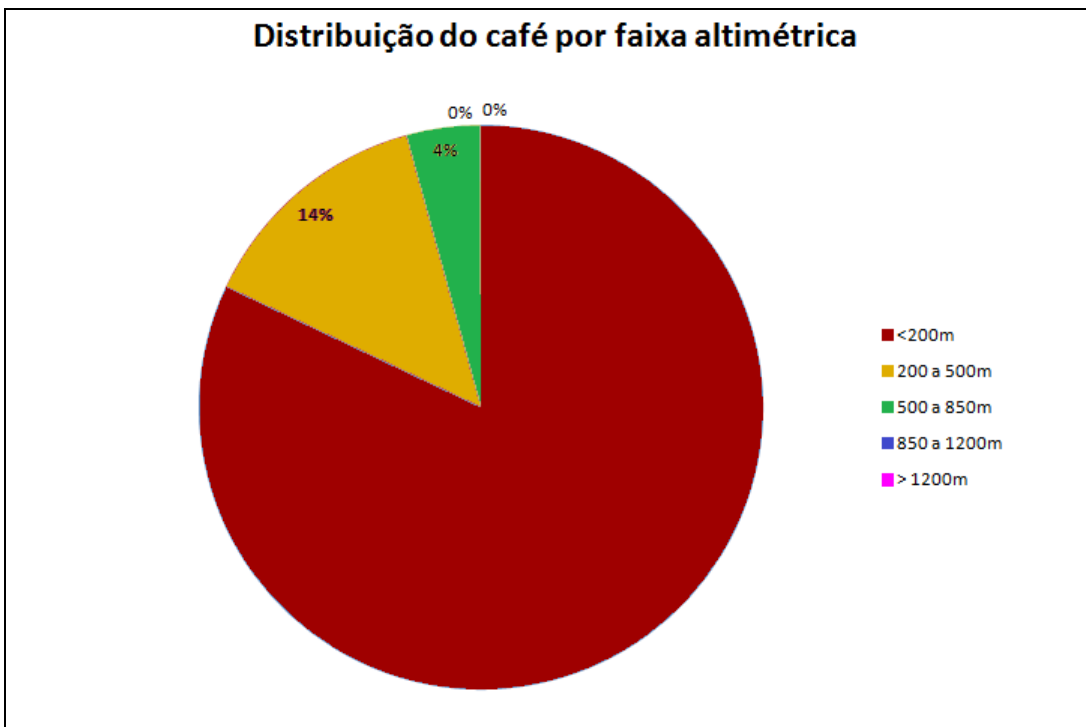


Figura 5.10 – Porcentagem de café por faixa de altitude

Vale ressaltar que na área de estudo a maior altitude é de 1318m, inerentes a formações geológicas isoladas denominadas pontões, onde não existe o cultivo do café, daí a razão para as faixas entre 850 e 1200 e maior que 1200m aparecerem na Figura 21 com 0% da área com café. O Anexo D traz tabela com a área de café em cada uma das faixas de altitude, por município.

5.2.3. Orientação de Vertentes

Quanto ao posicionamento da feição em relação ao norte, temos a orientação de dada vertente conforme Tabela 5.4, a seguir.

Tabela 5.4 – Distribuição das vertentes em função de sua orientação em relação ao Norte.

Orientação da Vertente	Posição em relação ao Norte
Norte	0° – 22,5°
Nordeste	22,5° – 67,5°
Leste	67,5°-112,5°
Sudeste	112,5°-157,5°
Sul	157,5°-202,5°
Sudoeste	202,5°-247,5°
Oeste	247,5°-292,5°
Noroeste	292,5°-337,5°
Norte	337,5°-360°

Os resultados obtidos para a posição de vertente são mostrados nas Figuras 5.11 e 5.12.

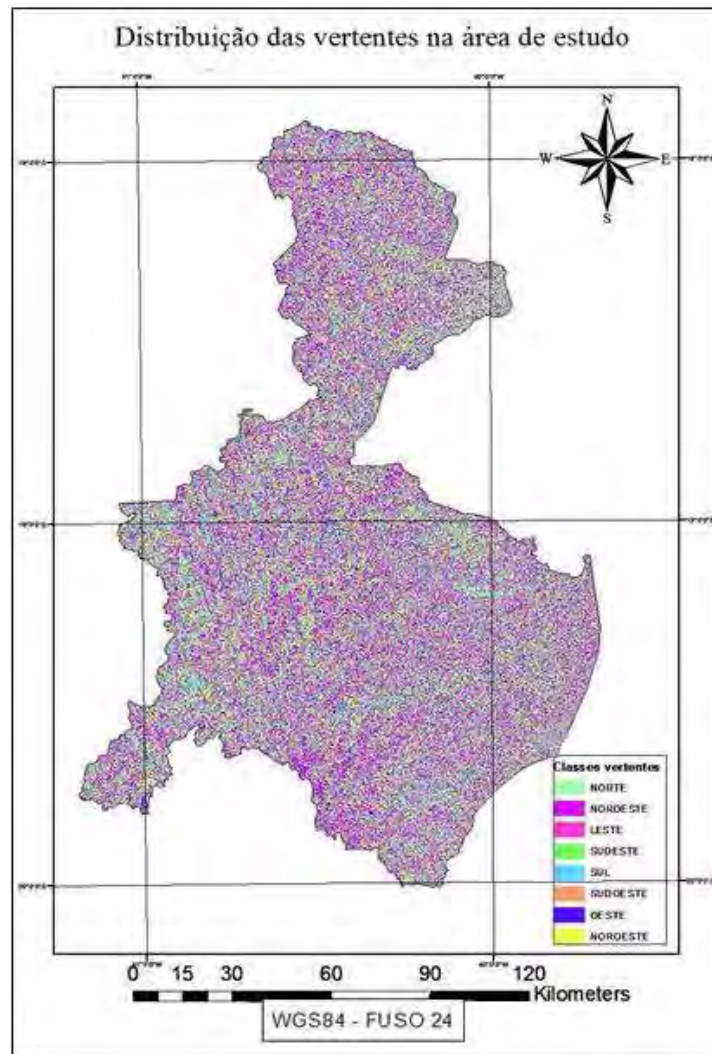


Figura 5.11 – Mapa de distribuição das feições quanto à posição de vertentes na área de estudo.

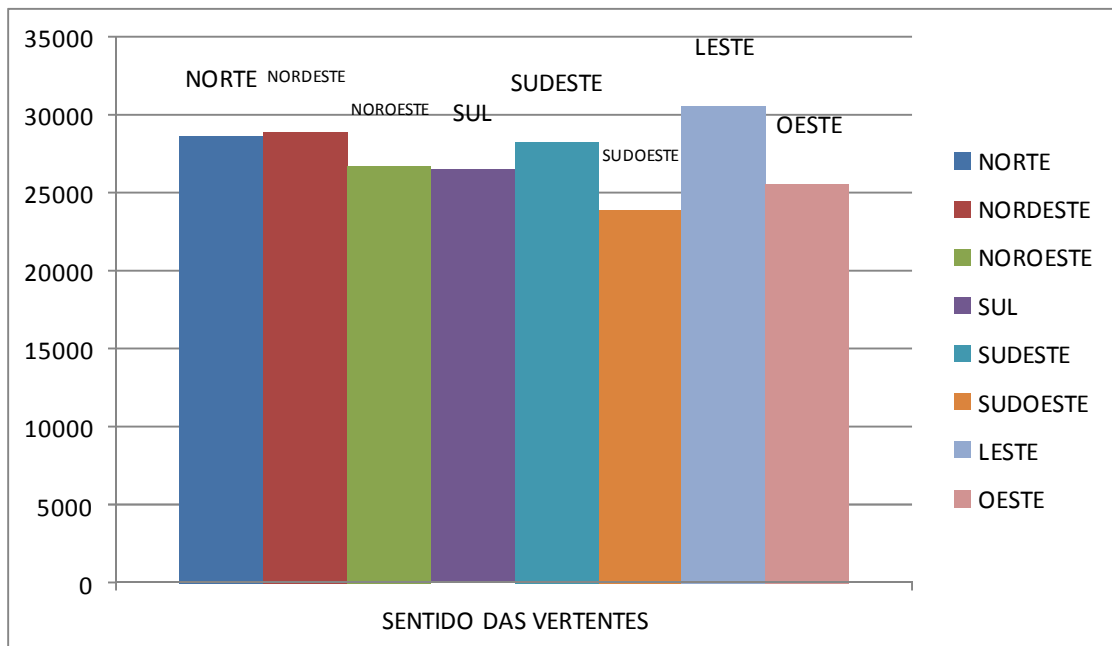


Figura 5.12 – Gráfico de barras mostrando a ocorrência das diferentes posições de vertentes observadas na área de estudo (Eixo Y: unidade de área = pixels 10 m x 10 m).

O gráfico no formato pizza mostrado na Figura 5.13 mostra como é a distribuição das lavouras de café na área de estudo em relação à orientação da vertente.

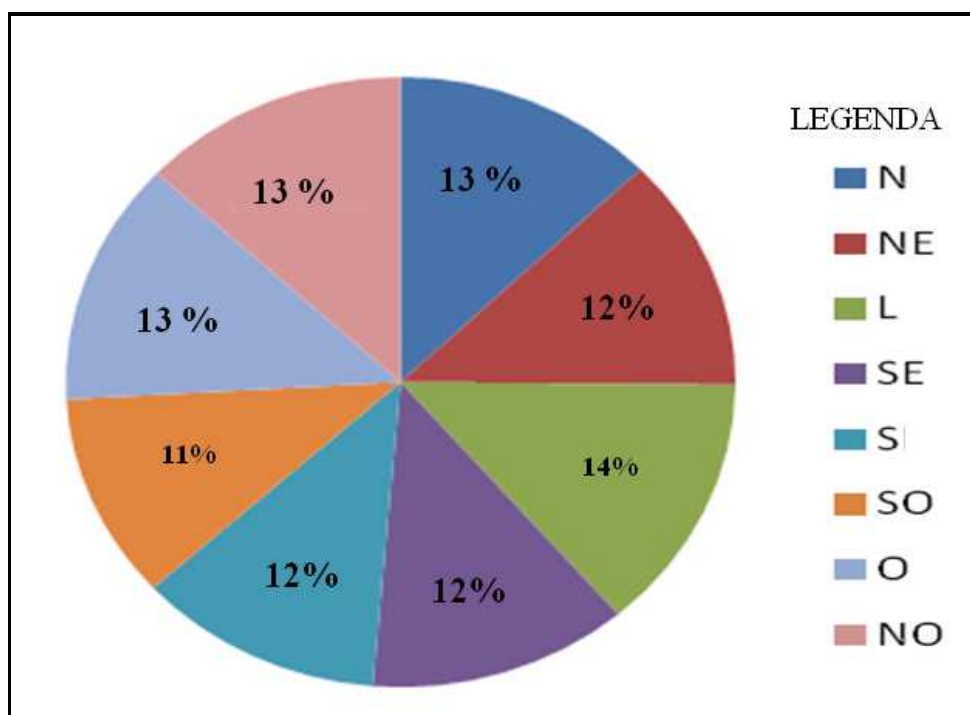


Figura 5.13 – Percentual das lavouras de café em relação às posições de vertentes observadas na área de estudo.

Com relação à orientação de vertentes, observa-se, conforme apresentado no gráfico da Figura 5.13, a ocorrência do cultivo do café em todas as posições de vertentes, em percentuais muito semelhantes entre si. No Anexo E pode ser visto a área de café por orientação de vertente, por município.

Há de se ressaltar que a exposição de vertentes isoladamente pode não causar efeitos significativos no desenvolvimento da cultura do café, devendo-se levar em consideração ainda o efeito conjunto da declividade, da altitude local e do tipo de vegetação do entorno.

5.3. Tipos de solo

No gráfico da Figura 5.14 estão contidos os resultados da intersecção entre o mapa de solos, com as classes já renomeadas em conformidade com o novo sistema de classificação, e o mapeamento de café.

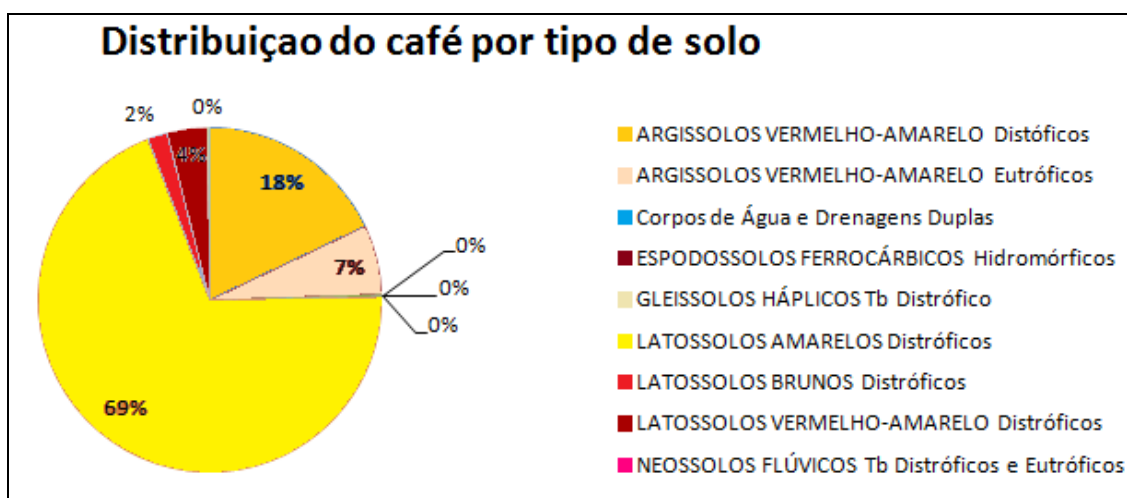


Figura 5.14 – Distribuição das lavouras de café em relação aos tipos de solos que ocorrem na área de estudo.

Observa-se que 87% das lavouras de café encontram-se em dois tipos de solos os Latossolos Amarelo Distrófico (69%) e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (18%). O restante das lavouras está distribuída entre os solos: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (7%), Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico (4%) e Latossolo Bruno Distrófico (2%). O Anexo F deste documento traz tabela com a área de café por tipo de solo, por município.

6. CONCLUSÕES

Podemos concluir que a metodologia utilizada para a realização do mapeamento das áreas produtoras foi altamente eficiente, obtendo índice Kappa de 0,88 e precisão geral de 94,15%. Entretanto, esta etapa é altamente dependente do intérprete, ficando sujeita a grandes variações nos resultados.

A utilização de ortofotos com resolução de um metro foi um fator de grande relevância para a precisão do mapeamento, associado à utilização de dados de alta resolução disponíveis gratuitamente na internet.

De maneira concreta podemos dizer que:

- De todo o café mapeado a maior parte (36%) encontra-se na microrregião Noroeste II, com uma área de, aproximadamente, 12 % em relação à área total. O município de Vila Valério apresentou a maior proporção de área plantada com café (25,3%).
- Em relação às classes de relevo estabelecidas de acordo com a declividade, 64% do café encontra-se na classe Plano, 33% Suave Ondulado e 3% Ondulado. Levando em consideração um fator de 15% de declividade como limitante à mecanização, nenhum município apresentou mais de 1% da área de café nesta faixa de declividade, ou seja, mais de 99 % da área mapeada está apta a algum tipo de mecanização.
- Conforme observado no campo, a relação das áreas de café com a altimetria da área de estudo, confirma a grande ocorrência de café conilon nesta região. Isto pode ser demonstrado pela presença de 82% da área mapeada apresentar até 200 m de altitude, e 96% da área atingir 500 m. Vale ressaltar que não foi encontrado em campo lavouras de café arábica.
- Devido ao relevo desta região, mares de morro, planaltos e planícies litorâneas, a insolação varia pouco em relação à incidência em vertentes orientadas para qualquer direção. Isto pode ser observado através da análise da distribuição do café em relação à posição das vertentes. A diferença entre ocorrência de café na

vertente Sudoeste (11%) e a vertente Leste (14%) é de apenas 3 %, sendo esta a amplitude máxima observada.

- O Café é cultivado em solos do tipo Latossolo ou Argissolo. Destacamos que 69% do café mapeado encontra-se em Latossolo Amarelo Distrófico e 18 % em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Assim, este estudo apresentou de maneira conclusiva números que demonstram em quais condições o café vem sendo cultivado no Espírito Santo, em relação às variáveis aqui estudadas.

Que este trabalho possa servir de incentivos à novas pesquisas na área da cafeicultura através das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento e ainda de apoio aos órgãos competentes na aplicação de medidas e no gerenciamento de recursos a fim de fomentar uma cafeicultura produtiva e otimizada, observando e seguindo os parâmetros ótimos de cultivo do café arábica ou conilon, descritos na literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **Domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.
- ADAMI, M.; MOREIRA, M. A.; BARROS, M. A. Confiabilidade do mapeamento. In: MOREIRA, M. A. (Org.). **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4 ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. v., p. 356-371.
- ALFONSI, R. R. Histórico climatológico da cafeicultura brasileira. **O Cafezal** (Coffee Break): Informativo Garcafé, maio 2000. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br>>. Acesso em: 5 fev. 2011.
- ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; ANDRADE, H. Sistema de Informação Geográfica na avaliação de impactos ambientais provenientes de atividades agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 202, p. 99109, 2003.
- ALZUGARAY, D.; ALZUGARAY, C. **Flora brasileira**. São Paulo: Três Livros, 1984.
- AMARAL, F. C. S.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W. **Principais limitações dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; SILVA, F. A. M.; CUNHA, A. R.; ALVES, E. R.; LOPES, T. S. S.; PINTO, H. S.; ZULLO JR., J. Zoneamento agroclimático para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Passo Fundo, v. 9, n.3 Dez. 510-518, 2001.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 434p.
- AVELINO, J. *et al.* Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, Nov. 2005.
- BARBOSA, J. N. *et al.* Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 237-250, 2011.
- BARROS, M. A.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T. Dados interferométricos para modelagem topográfica e caracterização ambiental do café em escala municipal. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, p. 33-50, dez. 2007.
- BATISTA, G. T.; MENDONÇA, F. J.; LEE, D. L.; TARDIN, A. T.; CHEN, S. C.; NOVAES, R. A. **Uso de sensores remotos a bordo de satélite e aeronave na identificação e avaliação de áreas de culturas para fins de previsão de safras**. São José dos Campos: INPE, 1978. (INPE-1229).

BATISTA, G. T.; TARDIN, A. T.; CHEN, S. C.; DALLEMAND, J. F. Avaliação de produtos HRV/SPOT e TM/LANDSAT na discriminação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 379-386, 1990.

BERNARDES, T.; MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.. Diagnóstico ambiental da cafeicultura no Estado de Minas Gerais - Brasil. **Coffee Science**, v. 7, p. 139-151, 2012.

BRAGANÇA, S. M.; ALVAREZ V.; V. H. **Avaliação do estado nutricional do café conilon (*Coffea canephora*) no norte do estado do Espírito Santo, através do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS)**. Vitória: EMCAPA, 1990. 12 p. (Pesquisa em Andamento, n. 57).

BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 765-770, maio 2001.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. Spring: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v.20, p.395-403, 1996.

CAMARGO, A.P.; ALFONSI, R.R.; PINTO, H.S.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em zonas de cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado, 6. São Paulo: USP, 1977. P.89-105.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGE, M. S.; GONÇALVES, S. L.; FARIA, R. T. ADROCIOLI FILHO, A; SERA, T; CHAVES, J. D. C.; KOGUISHI, M. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do café (*Coffea arabica L.*) no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Passo Fundo, v.9, n.3, p 486-494, 2001.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; STOLZ, A. P. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decenal do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.893-901, jun. 2006.

CARVALHO, L. M.; SILVA, E. A. M.; AZEVEDO, A. A.; MOSQUIM, P. R.; CECON, P. R. Aspectos morfofisiológicos das cultivares de cafeeiro Catuaí Vermelho e Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 3, p. 411-416, mar. 2001.

CONGALTON, R.G. A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data.

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.54, n.5, p. 593-600, 1988.

CONGALTON, R. G., MEAD, R. A. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.49, n.1, p.69-74, 1983.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Informações sobre café no Espírito Santo**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/es/bkp_Especial%20Caf%E9%20abr%2004.pdf. Acesso em: 08 fev 2011.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP. 1992. 170p.

DALLEMAND, J. F. **Identificação de culturas de inverno por interpretação visual de dados SPOT e LANDSAT TM no noroeste do Paraná**. 1987. 131 p. (INPE-4334-TDL/290). Dissertação de Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1987. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/02.02.18.56>>. Acesso em: 22 out. 2012.

DA MATTA, F. M. **Desempenho fotossintético do cafeeiro em resposta a tensões abióticas**. 67 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995

DA MATTA F.M.; RENA, A.B. Relações hídricas no cafeeiro. In: Rena, A.B. Nacif, A.P. (Eds.) **Conferências do I simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil** EMBRAPA Café, 2001

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

DIODATO, N.; CECCARELLE, M.; BELLOCCHI, G. GIS-aided evaluation of evapotranspiration at multiple spatial and temporal climate patterns using geoindicators. **Ecological Indicators**. v. 10, p. 1009–1016, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306p. 2006.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Instituto Jones dos Santos. **Mapa Microrregiões**. Disponível em: <http://www.es.gov.br/site/Espirito_santo/mapas.aspx>. Acesso em: 23 jan. 2011.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag). **Cultivo de café arábica com uma haste**. 2009. 1 Figura. Disponível em: <www.seag.es.gov.br/?p=1981>. Acesso em: 26 set. 2012.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds.). **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba : Potafos, 1986. p. 87-106.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café conilon**: técnicas de produção com variedades melhoradas. Vitória, ES: Incaper, 2004, 60 p. (Incaper: Circular Técnica, 03I).

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G. *et al.* (ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 66-91.

FIGUEIREDO, D. Geotecnologias na Conab. In: Companhia Nacional de Abastecimento. (Org). **Agricultura e abastecimento alimentar: políticas públicas e mercado agrícola**. Brasília: Conab, 2009. cap.3, p.333-340.

FITZPATRICK-LINS, K. Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.47, n.3, p. 343-351, 1981.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A.; FERRÃO, R. G.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; ZUCATELI, F. **Conilon Vitória** 'Incaper 8142': variedade clonal de café conilon. Vitória, ES: Incaper, 2004a, 24 p. (Incaper: Documentos, 127).

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. G.; SILVA, A. E. S.; DE MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. **Jardins clonais de café conilon**: técnicas para formação e condução. Vitória, ES: Incaper, 2004b, 53 p. (Incaper: Circular Técnica, 04I).

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; LANI, J. A.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIM FILHO, A. C.; RONCHI, C. P.; MARTINS, A. G. Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas. In: Ferrão, R. G. *et al.* (ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 257-277.

FONSECA, L. M. G., **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. São José dos Campos. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1988.

FONSECA, L. M.G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 105p., 2000.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Café sustentável**. Ano 1, n 1- janeiro a dezembro e 2010. Acesso em 20 de novembro de 2012. < <http://incaper.web407.uni5.net/revista.php?idcap=977>>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/agri_familiar_2006/default.shtm>. Acesso em: 22 nov. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2009/default.shtm>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

LILLESSAND, T. M., KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 4. ed. New York, USA: John Wiley, 1999. 724 p.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images- an introduction**. Midsomer Norton: Wiley, 1999. 292p.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Economia cafeeira: o agribusiness**. Lavras: UFLA/FAEPE. 1997. 59 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2011. 307p.

MOREIRA, M. A., BARROS, M. A., FARIA, V. G. C., ADAMI, M. **Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INPE e CONAB, 2007.

NETTO, A. D. O. **Lavoura de café conilon conduzido com múltiplas hastes**. 1 Figura. Disponível em: <http://www.cafepoint.com.br/mypoint/83075/f_cafe_conilon_maturacao_9717.aspx>. Acesso em: 12 out. 2012.

NUNES, M. A.; BIERHUIZEN, J. F.; PLOEMAN, C. Studies on productivity of coffee. III. Differences in photosynthesis between four varieties of coffee. **Acta Botanica Neerlandica**, Amsterdam, v. 18, p. 420-424, 1969.

OLIVEIRA, M. P. A. **Expressão de genes da biossíntese de cafeína em frutos e endospermas de *Coffea arabica*: sem cafeína**. 2007. 75p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.

PELLERIN, J.; POUGET, J.; VALERIANO FILHO, M. Metodologia de utilização de dados espaciais Landsat MSS e TM no estudo de uso do solo: região de Marília, SP. **Geosul**, Florianópolis, v. 8, n. 16, 1993.

PEREIRA, A. R. ; CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P., **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico , 2008. 127p.

PEZZOPANE, J.R.M.; SOUZA, P.S.; PEREIRA, S.P.; GALLO, P.B.; THOMAZIELLO, R.A.; ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; FAZUOLI, L.C. Monitoramento agrometeorológico da cafeicultura na região mogiana do Estado de São Paulo – Safra 2005-2006. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 2007. (CDROM)

PINHEIRO, E. S. Comparação entre dados altimétricos shuttle radar topography mission, cartas topográficas e gps: numa área com relevo escarpado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 01, pp. 1-9, 2006.

PINTO, H. S.; ZULLO JR, J.; ASSAD, E. D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n.3 dez, p. 495-500, 2001.

RABUS, B. M.; EINEDER, A. R.; BAMLER R. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, **Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262. 2003.

ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K.; LING, H. S. Sampling for thematic map accuracy testing. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 48, n.1, p.131-137, jan. 1982.

ROSS, J. **Geografia do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 105-106 p. ISBN 8531402425.

SANTOS, P. R. A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v.58, n.1, p. 101-107, 2006.

SCHOWENGERGT, R. A. **Remote sensing, models and methods for image processing**. San Diego: Academic Press, 1997. 522 p.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*coffea arabica* L.) no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, passo fundo, v. 9, n. 3 dez., p. 501-509, 2001.

SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S.; BRAGANÇA, S. M.; FONSECA, A. F. A. **A poda do café conilon**. Vitória, ES: EMCAPA. 1993. 14 p. (EMCAPA, Documentos, 80).

SONDAHL, M. R. I.; CROCOMO, O. J.; SODEK, L. Measurement of ^{14}C incorporation by illuminated intact leaves of coffee plants from gas mixtures containing $^{14}\text{CO}_2$. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, p. 1187-1195, 1976.

TARDIN, A. T.; ASSUNÇÃO, G. V.; SOARES, J. V. Análise preliminar de imagens TM visando a discriminação de café, citros e cana-de-açúcar na região de Furnas - MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1355-1361, 1992.

TAUNAY, A. de E. **História do café no Brasil: no Brasil Imperial 1822-1872**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional do Café, 1939.

TEIXEIRA, S.M.; MILHOMEM, A. DE V. A competitividade e custo da cafeicultura brasileira. In: ZAMBOLIM, L. (ED.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitotecnia, 2001. 648p.

THOMAZIELLO, R. A. **O cultivo de cafeeiro em sistema adensado**, 2008. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/532/08_cafeadensado.pdf>. Acesso em: 11 out. 2012.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 539-546, nov. 2003.

VALERIANO, M. M.; GARCIA, G. J. The estimate of topographical variables for soil erosion modelling through geoprocessing. **International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing**, Amsterdam, v.33, part B, p. 678-685, 2000.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p. (INPE-15318-RPE/818).

VELOSO, M. H. **Coffe inventory through orbital imagery**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1974. 20p.

VELOSO, M. H.; SOUZA, D. D. **Trabalho experimental de inventariação automática de cafezais utilizando imagens orbitais e o equipamento image100**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1978. 2p.

VIEIRA, L. S. **Manual de morfologia e classificação de solos**. São Paulo: Ed Ceres, 1983.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; LACERDA, M. P. C. **Parâmetros culturais para avaliação do comportamento espectral da cultura do café em Minas Gerais**. Belo Horizonte: INPE, 2003.

VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 4, p. 99105, 1992.

ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologia de produção de café com qualidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 648p.

ZAMBOLIM, L. **Certificação do café**. Viçosa: UFV, 2007. 244p.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.227-234, 2005.

ANEXO A

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DE CAMPO



1 - Esparso



2 – Beira de estrada



3 – Com presença de palhada



4 – Adensado



5 – Em encosta



6- Grandes áreas

Diferentes padrões de cultivo de café conilon



1 – Em morro



2 – Em baixada

Café conilon, cultivado com múltiplas hastes



1- Banana



2- Milho



3 - Côco

Consórcios com lavouras de café



1 - Reflorestamento



2- Mata Nativa



3 - Bananicultura



4 - Cana



5 - Pimenta do Reino



6 - Côco

Lavouras confrontantes com cafeicultura



1- Mamão



2 - Côco



3 - Reflorestamento



4- Seringueira

Alvos que podem ser confundidos com lavouras de café

ANEXO B

COLETA DE DADOS EM CAMPO

Tabela B1. Pontos coletados em campo em área de café, data da coleta e as coordenadas métricas referentes ao fuso 24 sul.

N	Data de coleta	Classe de Uso	Coordenadas Métricas	
			X	Y
1	12/06/2012	Café	323559,50	7839326,59
2	12/06/2013	Café	317022,00	7842415,15
3	12/06/2014	Café	317064,99	7842706,19
4	12/06/2015	Café	313132,92	7840406,25
5	12/06/2016	Café	314501,42	7846860,85
6	12/06/2017	Café	314261,71	7850404,07
7	12/06/2018	Café	313928,73	7864002,19
8	12/06/2019	Café	314729,42	7861740,22
9	12/06/2020	Café	312918,31	7865428,54
10	12/06/2021	Café	316334,90	7867225,74
11	12/06/2022	Café	314849,08	7870798,54
12	12/06/2023	Café	327963,39	7869401,43
13	12/06/2024	Café	345007,35	7924296,43
14	12/06/2025	Café	360915,64	7937868,12
15	13/06/2012	Café	342522,58	7998126,13
16	13/06/2012	Café	336823,79	7995143,04
17	13/06/2012	Café	339433,09	7981242,71
18	13/06/2012	Café	346359,98	7980271,46
19	13/06/2012	Café	346985,35	7979343,04
20	13/06/2012	Café	351429,70	7970935,20
21	13/06/2012	Café	349450,75	7970277,36
22	13/06/2012	Café	350106,88	7967862,58
23	13/06/2012	Café	349941,52	7967743,52
24	13/06/2012	Café	350968,99	7962779,48
25	13/06/2012	Café	350837,76	7962671,53
26	13/06/2012	Café	352573,23	7960847,93
27	13/06/2012	Café	352634,09	7960716,96
28	13/06/2012	Café	352729,58	7955190,26
29	13/06/2012	Café	353691,95	7954851,02
30	13/06/2012	Café	359061,74	7950890,24
31	13/06/2012	Café	356249,54	7941196,90
32	13/06/2012	Café	355524,63	7940504,29
33	13/06/2012	Café	371662,82	7909282,54
34	13/06/2012	Café	371131,22	7909218,37
35	13/06/2012	Café	367841,42	7906782,44
36	13/06/2012	Café	367849,04	7905522,44
37	13/06/2012	Café	367150,27	7906689,53
38	13/06/2012	Café	367334,43	7906492,68
39	13/06/2012	Café	363732,47	7905431,73
40	13/06/2012	Café	363640,40	7905800,03

41	13/06/2012	Café	361808,95	7904096,94
42	14/06/2012	Café	382941,41	7857927,31
43	13/06/2012	Café	356343,06	7902140,58
44	13/06/2012	Café	356294,51	7902259,64
45	14/06/2012	Café	370407,87	7872239,37
46	14/06/2012	Café	357137,61	7876256,63
47	14/06/2012	Café	356335,76	7883863,56
48	14/06/2012	Café	356105,57	7883922,30
49	14/06/2012	Café	351972,91	7900655,72
50	14/06/2012	Café	348531,38	7901602,51
51	14/06/2012	Café	337676,03	7893222,94
52	14/06/2012	Café	330028,59	7883568,38
53	14/06/2012	Café	328643,84	7877534,05
54	14/06/2012	Café	329099,37	7871916,83
55	14/06/2012	Café	332564,26	7873233,94
56	14/06/2012	Café	338884,40	7874159,73
57	14/06/2012	Café	338900,01	7874370,34
58	14/06/2012	Café	343390,28	7871652,43
59	14/06/2012	Café	343328,37	7871505,19
60	14/06/2012	Café	348879,19	7867639,82
61	14/06/2012	Café	348125,63	7863964,24
62	14/06/2012	Café	348390,07	7858442,49
63	14/06/2012	Café	348535,74	7857098,22
64	14/06/2012	Café	356128,19	7853281,75
65	14/06/2012	Café	356009,12	7853412,72
66	14/06/2012	Café	354755,47	7850541,89
67	14/06/2012	Café	354561,00	7850553,80
68	14/06/2012	Café	352994,87	7845466,88
69	14/06/2012	Café	353153,62	7845658,70
70	14/06/2012	Café	352478,80	7844527,04
71	14/06/2012	Café	350456,70	7841943,61
72	14/06/2012	Café	349878,58	7841999,17
73	14/06/2012	Café	339949,13	7842867,95
74	14/06/2012	Café	338687,22	7846735,58
75	14/06/2012	Café	338384,14	7852002,12
76	14/06/2012	Café	336815,04	7856449,99
77	14/06/2012	Café	328419,69	7856864,16
78	14/06/2012	Café	331028,14	7857350,90
79	14/06/2012	Café	331237,69	7857312,80
80	14/06/2012	Café	326766,77	7856780,11
81	14/06/2012	Café	324101,34	7849949,17
82	14/06/2012	Café	350307,21	7840234,85
83	14/06/2012	Café	353975,75	7841705,76
84	14/06/2012	Café	353922,84	7841864,51
85	15/06/2012	Café	380632,94	7842788,59
86	15/06/2012	Café	373347,66	7831498,40

87	15/06/2012	Café	364989,77	7821238,10
88	15/06/2012	Café	365789,81	7811119,32
89	15/06/2012	Café	360082,47	7806323,72
90	15/06/2012	Café	356930,99	7809054,49
91	15/06/2012	Café	356189,65	7814126,59
92	15/06/2012	Café	355132,90	7803061,01
93	15/06/2012	Café	351788,76	7800461,70
94	15/06/2012	Café	352640,58	7798684,39

Tabela B2. Pontos coletados em campo em área de não café, data da coleta e as coordenadas métricas referentes ao fuso 24 sul.

N	Data de coleta	Classe	Coordenadas Métricas	
			X	Y
1	11/06/2012	Não-Café	370804,98	7787212,30
2	11/06/2012	Não-Café	370980,66	7787225,00
3	11/06/2012	Não-Café	366683,78	7792779,69
4	11/06/2012	Não-Café	366997,31	7792994,01
5	12/06/2012	Não-Café	323573,06	7839268,53
6	12/06/2013	Não-Café	317164,21	7842544,13
7	12/06/2014	Não-Café	314091,34	7843019,20
8	12/06/2015	Não-Café	314210,40	7843277,17
9	12/06/2016	Não-Café	313912,74	7843263,94
10	12/06/2017	Não-Café	292709,50	7837256,18
11	12/06/2018	Não-Café	293678,77	7841687,59
12	12/06/2019	Não-Café	294028,02	7841743,16
13	12/06/2020	Não-Café	313989,45	7846535,41
14	12/06/2021	Não-Café	314010,36	7850139,49
15	12/06/2022	Não-Café	314042,57	7863590,73
16	12/06/2023	Não-Café	312797,16	7865747,51
17	12/06/2024	Não-Café	325587,97	7866806,49
18	12/06/2025	Não-Café	328050,70	7869730,84
19	12/06/2026	Não-Café	333902,30	7886934,61
20	12/06/2027	Não-Café	338069,00	7890868,30
21	12/06/2028	Não-Café	344880,35	7924525,03
22	12/06/2029	Não-Café	363552,90	7950515,68
23	12/06/2030	Não-Café	365491,08	7992231,57
24	12/06/2031	Não-Café	365401,12	7991533,07
25	12/06/2032	Não-Café	369121,97	7975448,24
26	13/06/2012	Não-Café	354199,52	8015689,89
27	13/06/2012	Não-Café	354019,60	8015001,97
28	13/06/2012	Não-Café	353691,52	8015467,64
29	13/06/2012	Não-Café	353299,93	8015277,14
30	13/06/2012	Não-Café	353347,03	8012967,29
31	13/06/2012	Não-Café	353562,00	8014273,67
32	13/06/2012	Não-Café	350959,25	8002495,39
33	13/06/2012	Não-Café	351346,60	8002323,94
34	13/06/2012	Não-Café	342363,83	7998311,34
35	13/06/2012	Não-Café	342489,51	7997689,57
36	13/06/2012	Não-Café	336382,83	7998864,27
37	13/06/2012	Não-Café	336164,54	7998851,04
38	13/06/2012	Não-Café	337998,84	7992830,94
39	13/06/2012	Não-Café	338468,74	7992849,99
40	13/06/2012	Não-Café	339258,47	7981512,59

41	13/06/2012	Não-Café	341696,98	7980916,46
42	13/06/2012	Não-Café	346254,15	7980506,42
43	13/06/2012	Não-Café	345930,30	7980404,82
44	13/06/2012	Não-Café	349609,50	7970475,80
45	13/06/2012	Não-Café	351286,06	7966344,77
46	13/06/2012	Não-Café	352582,49	7960597,90
47	13/06/2012	Não-Café	352822,71	7955340,54
48	13/06/2012	Não-Café	355974,37	7941625,52
49	13/06/2012	Não-Café	355857,95	7941022,27
50	13/06/2012	Não-Café	354009,14	7936267,90
51	13/06/2012	Não-Café	353824,99	7936134,55
52	13/06/2012	Não-Café	353420,18	7935047,11
53	13/06/2012	Não-Café	372204,66	7909451,58
54	13/06/2012	Não-Café	367606,47	7906833,24
55	13/06/2012	Não-Café	363488,00	7905590,48
56	13/06/2012	Não-Café	363773,75	7905603,18
57	13/06/2012	Não-Café	361898,91	7904202,77
58	14/06/2012	Não-Café	379296,48	7863585,73
59	14/06/2012	Não-Café	379071,58	7863334,37
60	14/06/2012	Não-Café	376955,39	7867216,96
61	14/06/2012	Não-Café	376690,81	7867005,30
62	14/06/2012	Não-Café	370476,00	7872380,92
63	14/06/2012	Não-Café	357857,25	7892908,79
64	14/06/2012	Não-Café	345616,83	7900194,47
65	14/06/2012	Não-Café	338883,38	7897542,56
66	14/06/2012	Não-Café	346429,45	7870321,31
67	14/06/2012	Não-Café	349330,04	7867280,25
68	14/06/2012	Não-Café	348428,31	7863780,22
69	14/06/2012	Não-Café	348437,58	7856850,57
70	14/06/2012	Não-Café	349822,64	7856476,42
71	14/06/2012	Não-Café	353796,44	7847807,05
72	14/06/2012	Não-Café	349805,82	7842189,67
73	14/06/2012	Não-Café	349287,66	7840361,84
74	14/06/2012	Não-Café	339872,40	7842486,95
75	14/06/2012	Não-Café	328832,44	7857046,72
76	14/06/2012	Não-Café	330448,02	7855919,63
77	14/06/2012	Não-Café	328824,50	7856514,91
78	14/06/2012	Não-Café	324279,14	7849949,17
79	14/06/2012	Não-Café	324685,74	7845371,09
80	14/06/2012	Não-Café	326394,02	7841908,94
81	14/06/2012	Não-Café	332186,94	7840836,33
82	14/06/2012	Não-Café	332614,15	7841728,73
83	14/06/2012	Não-Café	332581,08	7841867,64
84	14/06/2012	Não-Café	350436,19	7840337,38
85	14/06/2012	Não-Café	378208,41	7851414,04
86	15/06/2012	Não-Café	387042,46	7851737,97

87	15/06/2012	Não-Café	387187,98	7852088,54
88	15/06/2012	Não-Café	387254,13	7852386,20
89	15/06/2012	Não-Café	380982,19	7842604,44
90	15/06/2012	Não-Café	365156,11	7822797,78
91	15/06/2012	Não-Café	366018,41	7811430,47
92	15/06/2012	Não-Café	365838,49	7811314,05
93	15/06/2012	Não-Café	353299,28	7823514,52
94	15/06/2012	Não-Café	355563,07	7819574,95

ANEXO C

RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM A DECLIVIDADE

Tabela C1 - Município, área de café, classe de declividade e porcentagem (%).

Município	Área (ha)	Classe	Porcentagem (%)
Águia Branca	1597,6	1	44,6
Águia Branca	1725,9	2	48,2
Águia Branca	253,1	3	7,1
Águia Branca	1,1	4	0,1
Total	3577,1	-	100
Alto Rio Novo	772,8	1	30,4
Alto Rio Novo	1410,8	2	55,4
Alto Rio Novo	359,6	3	14,1
Alto Rio Novo	0,7	4	0,1
Total	2544,1	-	100
Aracruz	1833,0	1	91,4
Aracruz	164,6	2	8,2
Aracruz	7,3	3	0,4
Total	2004,9	-	100
Baixo Guandu	488,5	1	22,3
Baixo Guandu	1492,7	2	67,8
Baixo Guandu	218,3	3	9,9
Total	2199,5	-	100
Boa Esperança	4945,8	1	94,0
Boa Esperança	311,9	2	5,9
Boa Esperança	1,1	3	0,1
Total	5258,9	-	100
Colatina	3464,5	1	45,3
Colatina	3833,2	2	50,2
Colatina	328,3	3	4,3
Colatina	5,2	4	0,1
Colatina	0,7	5	0,01
Total	7631,9	-	100
Governador Lindenberg	3608,0	1	51,5
Governador Lindenberg	3247,9	2	46,4
Governador Lindenberg	142,1	3	2,0
Governador Lindenberg	0,2	4	0,0
Total	6998,3	-	100

Ibiraçu	357,9	1	41,9
Ibiraçu	417,2	2	48,9
Ibiraçu	77,4	3	9,1
Ibiraçu	0,4	4	0,1
Total	852,9	-	100
João Neiva	145,6	1	38,9
João Neiva	200,6	2	52,7
João Neiva	33,1	3	8,7
Total	379,4	-	100
Linhares	5428,1	1	69,4
Linhares	2081,1	2	26,6
Linhares	305,4	3	3,9
Linhares	1,7	4	0,02
Total	7816,4		100
Marilândia	1986,4	1	35,9
Marilândia	3178,5	2	57,5
Marilândia	364,1	3	6,6
Marilândia	0,2	4	0,004
Total	5529,2	-	100
Montanha	2639,5	1	99,3
Montanha	17,8	2	0,7
Total	2657,3	-	100
Mucurici	9,1	1	100
Total	9,1	-	100
Nova Venécia	8535,8	1	73,3
Nova Venécia	2988,8	2	25,7
Nova Venécia	117,1	3	1,0
Nova Venécia	0,2	4	0,0
Total	11641,9	-	100
Pancas	2711,1	1	33,1
Pancas	4505,4	2	55,1
Pancas	953,8	3	11,7
Pancas	7,4	4	0,1
Total	8177,5	-	100

Pinheiros	8369,2	1	98,2
Pinheiros	153,4	2	1,8
Pinheiros	0,1	3	0,0
Total	8522,7	-	100
Ponto Belo	308,9	1	88,7
Ponto Belo	37,7	2	10,8
Ponto Belo	1,8	3	0,5
Total	348,5	-	100
Rio Bananal	6934,3	1	57,6
Rio Bananal	4863,6	2	40,5
Rio Bananal	229,5	3	1,9
Rio Bananal	0,4	4	0,0
Total	12027,8	-	100
São Domingos do Norte	2117,5	1	53,7
São Domingos do Norte	1761,7	2	44,7
São Domingos do Norte	64,7	3	1,6
Total	3944,1		100
São Gabriel da Palha	2897,3	1	49,3
São Gabriel da Palha	2892,8	2	49,2
São Gabriel da Palha	87,8	3	1,5
Total	5878,0	-	100
Sooretama	5596,9	1	98,6
Sooretama	80,3	2	1,4
Total	5677,2	-	100
Vila Valério	9064,5	1	77,2
Vila Valério	2645,5	2	22,5
Vila Valério	35,5	3	0,3
Total	11745,2	-	100

ANEXO D

RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM A ALTIMETRIA

Tabela D1 – Informação sobre a relação da classe café com as classes altimétricas.

Município	Área de café (ha)	Classe altimétrica (m)	Porcentagem (%)
Águia Branca	2290,72	<200	64,03
	1191,25	200 a 500	33,30
	95,11	500 a 850	2,65
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Alto Rio Novo	19,00	<200	0,75
	204,92	200 a 500	8,07
	2313,28	500 a 850	91,17
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Aracruz	1996,46	<200	99,57
	8,45	200 a 500	0,42
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Baixo Guandu	262,30	<200	12,03
	267,54	200 a 500	12,27
	1649,27	500 a 850	75,68
	21,66	850 a 1200	0,99
	0	> 1200	0
Boa Esperança	5160,86	<200	98,13
	98,12	200 a 500	1,86
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Colatina	6129,87	<200	80,31
	1308,77	200 a 500	17,14
	193,68	500 a 850	2,53
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Governador Lindenberg	4945,31	<200	70,66
	2050,35	200 a 500	29,29
	2,65	500 a 850	0,03
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Ibiraçu	609,50	<200	71,45

	200,88	200 a 500	23,54
Ibiraçu	42,64	500 a 850	4,99
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
João Neiva	279,26	<200	73,60
	93,44	200 a 500	24,62
	6,70	500 a 850	1,76
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Linhares	6747,72	<200	86,32
	1052,40	200 a 500	13,46
	16,27	500 a 850	0,20
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Marilândia	4546,05	<200	82,21
	983,11	200 a 500	17,78
	0,12	500 a 850	0,002
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Montanha	2654,63	<200	99,89
	2,67	200 a 500	0,10
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Mucurici	0	<200	0
	0	200 a 500	0
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Nova Venécia	9966,26	<200	85,60
	1675,72	200 a 500	14,39
	0,48	500 a 850	0,004
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Pancas	4314,85	<200	52,76
	3284,53	200 a 500	40,16
	578,29	500 a 850	7,07
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0

Pinheiros	8257,49	<200	96,88
	265,18	200 a 500	3,11
	0	500 a 850	0
Pinheiros	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Ponto Belo	184,56	<200	52,95
	163,95	200 a 500	47,04
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Rio Bananal	11472,88	<200	95,38
	555,01	200 a 500	4,61
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
São Domingo do Norte	2894,56	<200	73,39
	1048,12	200 a 500	26,57
	1,37	500 a 850	0,035
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
São Gabriel da Palha	4918,92	<200	83,68
	959,22	200 a 500	16,31
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Sooretama	5677,24	<200	100
	0	200 a 500	0
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0
Vila-Valério	11369,80	<200	96,80
	375,41	200 a 500	3,19
	0	500 a 850	0
	0	850 a 1200	0
	0	> 1200	0

ANEXO E

RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ E POSIÇÃO DAS VERTENTES

Tabela E1 – Município, posição de vertente, área de café e Porcentagem (%) em relação ao município.

MUNICIPIO	POSIÇÃO DE VERTENTE	ÁREA (há)	PORCENTAGEM (%)
Água Branca	N	437,5	12,2
	NE	45,2	12,6
	L	459,0	12,8
	SE	403,8	11,3
	S	509,5	14,2
	SO	483,7	13,5
	O	466,2	13,0
	NO	367,1	10,3
Alto Rio Novo	N	348,4	13,5
	NE	277,2	10,9
	L	273,1	10,8
	SE	353,6	13,9
	S	408,7	16,1
	SO	294,5	11,6
	O	272,2	10,7
	NO	316,3	12,4
Aracruz	N	281,5	14,0
	NE	303,0	15,1
	L	304,5	15,1
	SE	242,1	12,1
	S	200,4	10,0
	SO	189,3	9,4
	O	220,6	11,0
	NO	263,3	13,1
Baixo Guandu	N	274,1	12,5
	NE	211,9	9,6
	L	220,0	10,0
	SE	293,3	13,3
	S	382,0	17,4
	SO	273,4	12,4
	O	257,0	11,7
	NO	287,8	13,1
	N	779,2	14,8
	NE	725,9	13,8
	L	679,7	12,9

Boa Esperança	SE	602,6	11,5
	S	584,4	11,1
	SO	580,2	11,0
	O	628,7	11,9
	NO	678,0	12,9
Colatina	N	957,5	12,5
	NE	898,5	11,8
	L	985,0	12,9
	SE	974,4	12,8
	S	1134,4	14,8
	SO	863,4	11,3
	O	889,5	11,6
	NO	929,3	12,2
Governador Lindenberg	N	1009,1	14,5
	NE	867,8	12,5
	L	940,2	13,6
	SE	772,4	11,1
	S	477,8	6,9
	SO	477,8	6,9
	O	109,8	15,9
	NO	1293,7	18,6
Ibiraçu	N	88,6	10,7
	NE	88,6	10,7
	L	12,5	15,1
	SE	70,0	8,4
	S	76,9	9,3
	SO	124,7	15,0
	O	151,4	18,2
	NO	105,6	12,7
João Neiva	N	44,5	11,7
	NE	50,3	13,3
	L	65,9	17,4
	SE	48,5	12,8
	S	34,0	9,0
	SO	35,0	9,2
	O	46,8	12,4
	NO	54,2	14,3

Linhares	N	914,8	11,7
	NE	1083,8	13,9
	L	1215,4	15,5
	SE	1035,8	13,3
	S	928,2	11,9
	SO	834,3	10,7
	O	932,6	11,9
	NO	871,4	11,1
Marilândia	N	618,7	11,2
	NE	575,6	10,4
	L	660,2	11,9
	SE	635,3	11,5
	S	774,0	14,0
	SO	760,6	13,8
	O	792,9	14,3
	NO	711,9	12,9
Montanha	N	288,3	10,9
	NE	367,5	13,8
	L	421,8	15,9
	SE	406,0	15,3
	S	376,9	14,2
	SO	298,3	11,2
	O	231,3	8,7
	NO	267,0	10,0
Mucurici	N	0,0	0,0
	NE	0,0	0,0
	L	1,6	17,9
	SE	3,1	34,2
	S	2,0	22,6
	SO	1,2	13,2
	O	0,7	8,4
	NO	0,3	3,5
Nova Venécia	N	1510,4	12,9
	NE	1459,3	12,5
	L	1496,6	12,8
	SE	1449,3	12,4
	S	1384,1	11,9
	SO	1269,6	10,9

	O	1532,8	13,3
	NO	1539,2	13,2
Pancas	N	1039,3	12,7
	NE	934,7	11,4
	L	1012,5	12,4
	SE	1101,5	13,5
	S	1234,8	15,1
	SO	1007,4	12,3
	O	939,3	11,5
	NO	907,7	11,1
Pinheiros	N	1257,3	14,7
	NE	1249,9	14,7
	L	1181,1	13,9
	SE	1015,3	11,9
	S	940,7	11,0
	SO	880,7	10,3
	O	990,6	11,6
	NO	1007,1	11,8
Ponto Belo	N	46,9	13,5
	NE	52,9	15,2
	L	51,2	14,7
	SE	49,6	14,2
	S	44,5	12,8
	SO	33,1	9,5
	O	35,8	10,3
	NO	34,4	9,9
Rio Bananal	N	1503,0	12,5
	NE	1465,2	12,2
	L	1732,7	14,4
	SE	1390,7	11,7
	S	1007,9	8,4
	SO	1172,3	9,7
	O	1833,1	15,2
	NO	1923,0	16,0
São Domingos do	N	560,3	14,2
	NE	529,7	13,4
	L	509,1	12,9

Norte	SE	453,8	11,5
	S	413,8	10,5
	SO	396,1	10,0
	O	541,7	13,7
	NO	539,5	13,7
São Gabriel da Palha	N	632,2	10,8
	NE	595,2	10,1
	L	651,0	11,1
	SE	700,1	11,9
	S	728,2	12,4
	SO	739,5	12,6
	O	985,5	16,8
	NO	846,3	14,4
Sooretama	N	803,8	14,2
	NE	792,3	13,9
	L	873,1	15,4
	SE	763,2	13,4
	S	690,0	12,2
	SO	542,6	9,6
	O	558,5	9,9
	NO	653,6	11,5
Vila Valério	N	1281,2	10,9
	NE	1339,5	11,4
	L	1857,5	15,8
	SE	1746,5	14,9
	S	1402,1	11,9
	SO	1239,6	10,6
	O	1478,1	12,6
	NO	1400,6	11,9

ANEXO F

RELAÇÃO DAS ÁREAS DE CAFÉ COM OS DIFERENTES TIPOS DE SOLOS

Tabela F1 – Município, áreas de café (ha), tipo de solo (conforme Figura 3.4) e porcentagem em relação ao município

MUNICIPIO	ÁREA	TIPO	PORCENTAGEM (%)
Águia Branca	3040,1	1	85,0
	54,3	2	1,5
	482,7	6	13,5
Alto Rio Novo	29,5	1	1,2
	413,4	2	16,2
	2103,6	7	82,6
Aracruz	175,7	1	8,8
	35,2	5	1,8
	1419,4	6	70,8
	374,6	8	18,7
Baixo Guandu	126,9	1	5,8
	1629,2	2	74,0
	445,4	8	20,2
Boa Esperança	1387,4	1	26,4
	3871,7	5	73,6
Colatina	692,0	1	9,1
	2817,8	2	36,9
	1981,1	6	25,9
	2141,5	8	28,1
Governador Lindenberg	1944,8	1	27,8
	5053,5	6	72,2
João Neiva	38,5	1	10,1
	340,9	8	89,8
Linhares	344,8	1	4,4
	169,9	3	2,2
	29,9	4	0,4
	7002,6	6	89,6
	2,9	8	0,1
	266,2	9	3,4
Ibiraçu	853,0	8	100

Marilândia	11,1	1	0,2
	4965,5	6	89,8
	552,6	2	10,0
Montanha	1305,8	1	49,1
	1351,5	6	50,9
Mucurici	9,1	1	100
Nova Venécia	4131,3	1	35,5
	7511,5	6	64,5
Pancas	5634,1	1	70,6
	2037,6	2	25,5
	249,7	6	3,1
	60,8	7	0,8
	195,5	8	2,4
Pinheiros	61,9	1	0,7
	8460,8	6	99,3
Ponto Belo	4,3	1	1,2
	344,3	6	98,8
Rio Bananal	672,8	1	5,6
	41,8	3	0,3
	11313,2	6	94,1
São Domingos do Norte	9,3	1	0,2
	3934,8	6	99,8
São Gabriel da Palha	1115,3	1	19,0
	4762,8	6	81,0
Sooretama	32,8	3	0,6
	5644,5	6	99,4
Vila Valério	11745,2	6	100